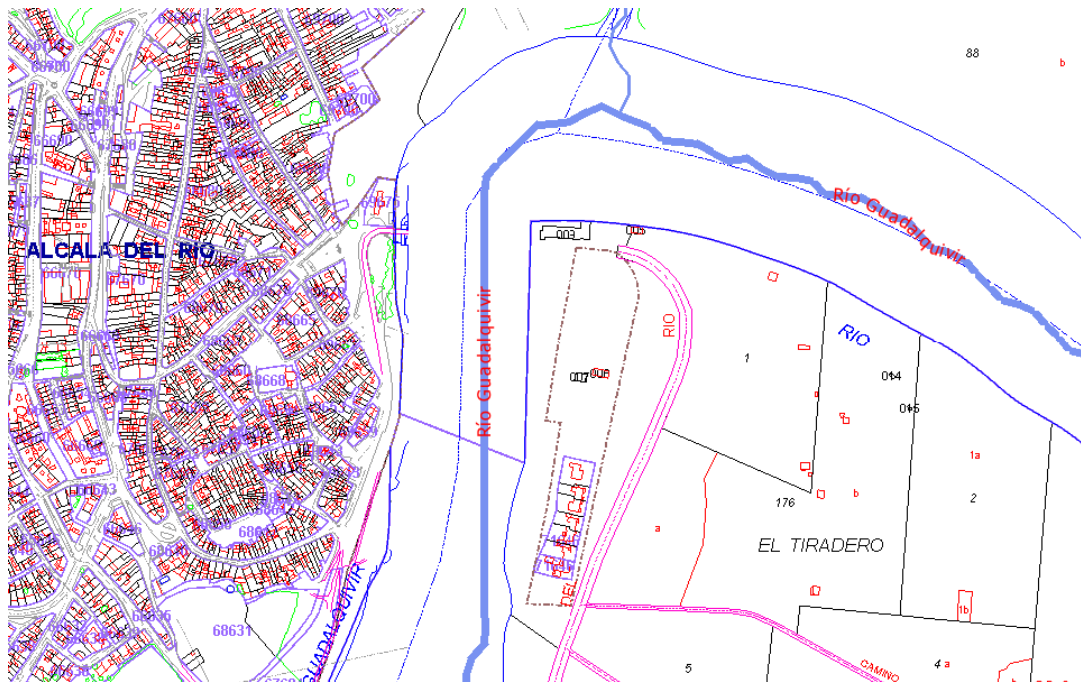




UNIVERSIDAD DE SEVILLA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA AGRÍCOLA

PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BALSA PARA RIEGO DE 17,30 ha DE CÍTRICOS EN EL T. M. DE ALCALÁ DEL RÍO (SEVILLA)



Alumno: Alberto Mejías Macías

Titulación: Ingeniero Técnico Agrícola

Especialidad: Explotaciones Agropecuarias

30 de abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA AGRÍCOLA

TRABAJO FIN DE CARRERA:

**“PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA Balsa
PARA RIEGO DE 17,30 ha DE CÍTRICOS EN EL T. M. DE
ALCALÁ DEL RÍO (SEVILLA)”**

Director:

Presentado por:

D. Antonio Franco Salas.

Alberto Mejías Macías.

Dpto. Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos
Universidad de Sevilla.

Sevilla, 30 de abril de 2016.

ÍNDICE DEL PROYECTO

ÍNDICE

<u>Memoria</u>	Página 1
Memoria descriptiva y constructiva	Página 3
Anejos a la memoria	Página 15
Anejo I: Características de la zona	Página 18
Anejo II: Diseño agronómico para el cubicaje de la balsa	Página 44
Anejo III: Estudios de carácter hidráulico	Página 56
Anejo IV: Datos de la balsa	Página 84
Anejo V: Diseño de la red de drenaje	Página 95
Anejo VI: Análisis de estabilidad	Página 108
Anejo VII: Electrificación	Página 127
Anejo VIII: Seguridad y salud	Página 159
Anejo IX: Evolución económico-financiera	Página 171
Anejo X: Índice de figuras	Página 180
Anejo XI: Índice de tablas	Página 186
Anejo XII: Bibliografía	Página 192
 <u>Planos</u>	 Página 196
Plano de situación	Plano 1
Plano de emplazamiento	Plano 2
Balsa	Plano 3
Sección de la balsa	Plano 4
Sección del zanjón	Plano 5
Balsa y tuberías de agua	Plano 6
Sistema de drenaje	Plano 7
Esquema unifilar	Plano 8
 <u>Presupuesto</u>	 Página 199
Cuadro de precios 1	Página 202
Mediciones y presupuesto	Página 209
Resumen de presupuesto	Página 216

MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA Y CONSTRUCTIVA

ÍNDICE

1. Antecedentes	Página 6
2. Objeto del proyecto y justificación del mismo	Página 6
3. Ámbito de aplicación	Página 6
4. Características de la zona	Página 7
4.1. Climatología	Página 7
4.2. Temperatura y precipitaciones	Página 7
4.3. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)	Página 8
4.4. Análisis del suelo	Página 8
4.5. Análisis del agua	Página 9
5. Diseño agronómico para el cálculo del volumen de agua de la balsa	Página 9
6. Estudios de carácter hidráulico	Página 10
6.1. Entrada de agua	Página 10
6.2. Salida de agua	Página 11
6.3. Aliviadero	Página 11
7. Datos de la balsa	Página 11
7.1. Impermeabilización	Página 11
7.2. Galería de servicio	Página 11
8. Diseño de la red de drenaje del vaso de la balsa	Página 12
9. Análisis de estabilidad	Página 12
10. Electrificación	Página 13
11. Seguridad y salud	Página 13
12. Evolución económico-financiera	Página 13
13. Presupuesto	Página 14

1. Antecedentes

El cultivo de cítricos es, después del olivar, el cultivo leñoso más importante en Andalucía, con una extensión aproximada de 74.000 ha. Como cualquier cultivo de regadío, se necesita una demanda de agua elevada que con los condicionantes climáticos que se tiene en Andalucía (precipitaciones escasas e irregulares y una elevada evapotranspiración) exige el almacenamiento de agua extra durante el periodo crítico. Esto unido a la concesión que los agricultores tienen sobre el uso del agua ha llevado a la necesidad de construir un embalse para poder hacer uso de ella en momentos de merma.

2. Objeto del proyecto y justificación del mismo

El objeto del proyecto consistirá en el diseño de una balsa para regadío cercana a las explotaciones agrícolas de cítricos que hay en la zona (con una extensión de 17,30 ha aprox.) para reforzar la cantidad de agua de riego que necesiten los cultivos en época de lluvia deficitaria para que no exista una merma en la calidad y cantidad de los cultivos por déficit de riego.

El volumen de la balsa será de 3500 m³ para poder regar las 17,30 ha que hay de naranjos. Este volumen es el propuesto una vez calculado todos los índices agronómicos propios del cultivo.

La balsa cumple con toda la normativa vigente en cuanto a la construcción de embalses para uso agrícola.

Se tomará el agua gracias a una tubería PEAD de 250 mm de diámetro que conectará el río Guadalquivir con la balsa. El agua irá impulsada por una bomba hidráulica que impulsará un caudal de 186,77 m³/h.

El emplazamiento de la balsa estará en los terrenos aledaños a la presa que hay en Alcalá del Río cercano a unas naveas agrícolas y a la carretera C-433 en la zona de la finca no cultivada, en una zona próxima al río Guadalquivir a una distancia de unos 200 metros aproximadamente del río tal como se indica en el plano N°2 "Plano de emplazamiento".

3. Ámbito de aplicación

Según el Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, "los requisitos que se piden para la construcción de la balsa son:

- Que el dique de retención tenga una altura inferior a 10 metros, o que teniendo una altura de entre 10 y 15 metros, tenga una capacidad de almacenamiento inferior a 1 hectómetro cúbico.

- Que la aportación de agua externa esté totalmente controlada y acotada, de modo que no haya entrada directa de agua desde un cauce público.
- Que su ruptura o funcionamiento incorrecto pueda producir únicamente daños de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas (Categoría C, de acuerdo con el punto 3.5.1.2 de la Directriz Básica de Protección Civil frente al Riesgo de Inundaciones).

En el caso de balsas cuya altura de dique de retención sea menor de 5 metros o que tengan una capacidad de embalse inferior a 100.000 metros cúbicos, el presente Manual también se considera de aplicación, con las lógicas modificaciones que se deriven de las circunstancias específicas de cada balsa en concreto y de sus condicionantes”.

4. Características de la zona

4.1. Climatología

El clima existente en Alcalá del Río es un clima mediterráneo que se caracteriza por inviernos templados y lluviosos y un verano seco y caluroso mientras que la primavera y el otoño son variable tanto en temperatura como en precipitaciones. Las precipitaciones no son abundantes produciéndose en verano una total carencia de lluvias. De media las temperaturas siempre están por encima de los 0 °C alcanzándose las temperaturas más altas en los meses de verano, llegando a sobrepasar los 40 °C.

4.2. Temperatura y precipitaciones

La temperatura y precipitaciones que existen son las propias de un clima mediterráneo como se da en la provincia de Sevilla y más concretamente en la Vega del Guadalquivir. Gracias al diagrama ombrotérmico de la figura 1 se puede observar la evolución tanto de la temperatura como de las precipitaciones a lo largo del año.

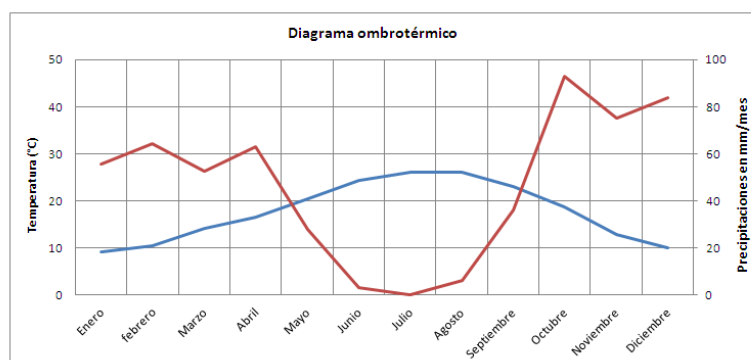


Figura 1. Diagrama ombrotérmico con los datos registrados entre los años 2001 y 2012.

4.3. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Para el cálculo de la evaporación del cultivo se ha partido de la evapotranspiración y se ha multiplicado por una constante K_c propia del cultivo de naranjos siendo el valor de la constante de 0,65.

En la figura 2 se ve la evapotranspiración del cultivo del naranjo a lo largo de un año.

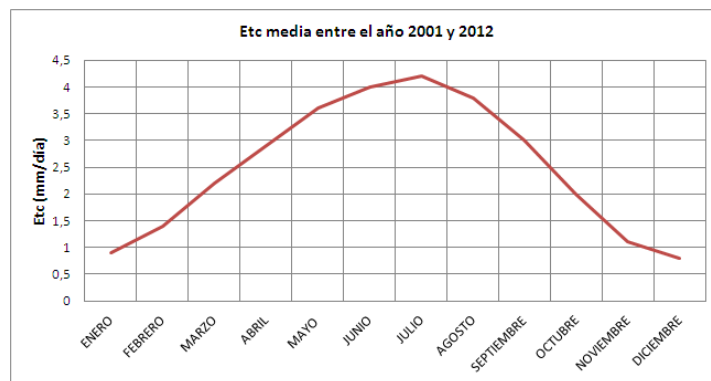


Figura 2. ET_c media entre los años 2001 y 2012 para cultivos de cítricos.

4.4. Análisis del suelo

Según el diagrama triangular de la United States Department of Agriculture (U.S.D.A), el suelo pertenece a la clase textural franca. Estos suelos presentan una proporción equilibrada de arena, arcilla y limo siendo sus valores los siguientes.

Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
0-25	42	45,5	12,5
25-120	45	42,5	12,5

Tabla 1. Datos del análisis físico del suelo de la muestra.

La densidad aparente del suelo es de $1,40 \text{ gr/cm}^3$; la capacidad de campo está en torno a un 18% en peso mientras que el punto de marchitez permanente se fija en un 8% en peso y el agua útil en un 10%.

En la tabla 2 se encuentra un resumen de las propiedades químicas del suelo.

Propiedades químicas del suelo	Capas	
	0 – 25 cm	25 – 120 cm
pH	Básico	
Sales	No salinos	
Materia orgánica	Muy bajo	
Nitrógeno total	Bajo	Muy bajo
Relación C/N	Óptimo	
Carbonatos	Medianamente calizo	
Caliza activa	Moderado-alto	
Fósforo	Aceptable	
Calcio	Alto	
Magnesio	Normal	Muy bajo
Potasio	Bajo	Normal
Sodio	Bajo	

Tabla 2. Tabla resumen de las propiedades químicas del suelo.

4.5. Análisis del agua

El agua contiene las siguientes características tal como se ve en la tabla 3.

Propiedades químicas		pH		7,5
		C.E. (dS/m a 25°C)		1,04
		Residuo calculado (g/l)		0,666
		Presión osmótica (atm)		0,36
		Dureza total (°F)		37,6
Composición química	Cationes	Calcio	3,43 (meq/l)	69,00 (mg/l)
		Magnesio	4,01 (meq/l)	49,00 (mg/l)
		Sodio	2,26 (meq/l)	52,00 (mg/l)
		Potasio	<0,05 (meq/l)	<2,00 (mg/l)
	Aniones	Bicarbonatos	4,10 (meq/l)	250,00 (mg/l)
		Cloruros	3,21 (meq/l)	114,00 (mg/l)
		Nitratos	0,71 (meq/l)	44,02 (mg/l)
		Sulfatos	1,80 (meq/l)	86,40 (mg/l)

Tabla 3. Datos sobre las propiedades y la composición química del agua de la muestra.

Esta agua es buena para el riego, pudiendo ser utilizable en cualquier suelo y para el cultivo de cítricos sin dar ningún problema.

5. Diseño agronómico para el cálculo del volumen de agua de la balsa

Para el cubicaje de la balsa se tendrá sólo en cuenta el mes más desfavorable y el intervalo de tiempo que hay entre dos recargas para llenarla. Se tendrá en consideración que existe un porcentaje de agua almacenada que se va a perder por evaporación estimada en un 12%.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ET _o (mm/mes)	43,4	61,6	105,4	135	170,5	186	201,5	179,8	138	93	51	40,3
K _c	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
ET _c (mm/mes)	28,2	40	68,5	87,7	110,8	120,9	131	116,9	89,7	60,4	33,1	26,2
Precipitación (mm/mes)	55,8	64,4	52,7	63	27,9	3	0	6,2	36	93	75	83,7
Precipitación efectiva (mm/mes)	23,5	28,6	21,6	27,8	6,74	0	0	0	11,6	50,4	36	43
Balance (mm/mes)	-4,7	-11,4	-46,9	-59,9	-104,1	-120,9	-131	-116,9	-78,1	-10	2,9	16,8
Reserva agua (mm/mes)	15	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9	19,7

Tabla 4. Balance anual del agua disponible.

La extensión de cítricos es de 17,30 ha.

Cada árbol necesita $83,76 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$, teniendo.

La profundidad de las raíces uno 1,10 m.

El marco de plantación es de 6x4 m².

El porcentaje de suelo mojado es de un 35%.

El intervalo de riegos será diario ya que se va a hacer un riego de alta frecuencia.

Las pérdidas por evaporación se estimarán en un 12% del volumen almacenado de la balsa.

Gracias a los datos anteriormente propuestos se llega a un cálculo para el volumen de agua necesaria de 3.500 m³.

6. Estudios de carácter hidráulico

6.1. Entrada de agua

El agua será tomada, como anteriormente se ha comentado, desde el río Guadalquivir mediante una tubería PEAD de 250 mm de diámetro y una longitud aproximada de 198,04 m recorriendo la superficie del terreno y ascendiendo por el talud de la balsa, quedándose a un metro de distancia aproximadamente desde la intersección entre el talud aguas arriba y la coronación. Para ello se usará una bomba de la marca Saci Pumps modelo CRB 1500 inyectando el agua a un caudal de 186,77 m³/h y a una presión de 8,53 mca, llenando la balsa en un tiempo de 18 horas y 45 minutos. La bomba se ha puesto a una longitud de unos 25 m de la entrada de agua para evitar el proceso de cavitación. No existen problemas de golpe de ariete puesto que el timbraje de la tubería es mucho mayor que la línea de carga en parada ya que el diámetro de la tubería viene aparejada un timbraje de 6 atm.

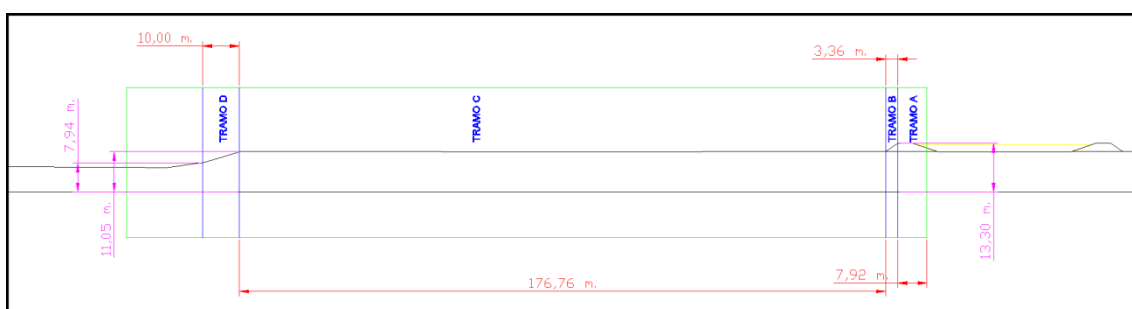


Figura 3. Perfil longitudinal del terreno.

Además de la bomba hidráulica, se contará con los siguientes elementos:

- 3 codos de 45°
- 4 codos de 90°
- 1 filtro modelo FMY8
- 1 reducción
- 1 contador volumétrico

- 1 ensanche
- 1 válvula

6.2. Salida de agua

Para la salida del agua se partirá de un desagüe en el fondo de la balsa y la volverá a verter al río Guadalquivir. La instalación constará de una tubería PEAD con una longitud de 201,95 m con un diámetro de 250 mm. El agua irá por gravedad por lo que el tiempo de vaciado de la balsa está proyectado en unas 9 horas y 30 minutos.

6.3. Aliviadero

La función de los aliviaderos es la de eliminar el agua sobrante para que no llegue a nivel de la coronación y provoque un riesgo de desbordamiento. Los valores elegidos son de un calado de 0,20 metros y una base de 1,20 metros.

7. Datos de la balsa

Los datos relativos a la balsa son:

- Volumen de 3.500 m³
- Talud exterior de 1/1,5
- Talud interior de 1/3
- Altura máxima de la balsa (desde el suelo) de 2,23 m
- Altura de la columna de agua (desde el vaso) de 1,90 m
- Longitud del vaso de 37,10 m
- Longitud de la capa de agua de 48,50 m
- Longitud entre los dos puntos más cercanos entre taludes de 50 m
- Espesor de la base de los taludes de aproximadamente 14 m
- Anchura de coronación en torno a 4 m
- Resguardo de 1,20 m
- Rastrillo o zanjón con unas dimensiones de 1,60 m de profundidad, 6,20 m por su lado más ancho y de unos 3,00 metros por su lado más estrecho

7.1. Impermeabilización

Para la impermeabilización tanto del talud interior como el vaso de la balsa se usará una malla geotextil (modelo Pavidrain de la marca Geotex) con un espesor de 5,5 mm y otra malla geomembrana PEAD de la marca Numapol de 1 mm de espesor. La superficie de cada malla son de 4.193 m² aproximadamente.

7.2. Galería de servicio

Se dispondrá de una galería de servicio que atraviese una parte del talud en el cual irá la instalación de la toma de agua y la de desagüe. Las dimensiones de la galería son

120x50x95 cm ya que se ha elegido la marca Prefabricados GLS por adaptarse a las propias dimensiones del talud de la balsa.

8. Diseño de la red de drenaje del vaso de la balsa

El diseño de la red para drenar el agua es el siguiente:

- Hay 4 zonas diferenciadas e independientes para poder facilitar la ubicación de problemas relacionados con la impermeabilización
- Hay 2 zonas en las que hay conectados 3 drenes en cada uno mientras que las otras 2 zonas tienen 2 drenes por zona
- Hay un espaciamiento entre drenes de 9 m
- El tubo drenante tiene un diámetro de 45 mm
- El tubo colector que conecta los drenes tiene un diámetro de 60 mm
- Hay 4 arquetas (1 arqueta por zona) en la que es descargada el agua recogida en el tubo colector y parte de 1 dren
- La arqueta está conectada con el exterior mediante un tubo de 75 mm de diámetro

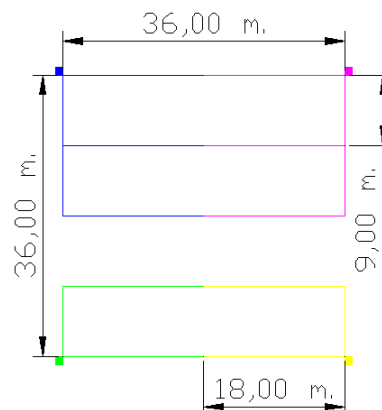


Figura 4. Disposición de los drenes en el vaso del embalse.

El diseño de la red de drenaje es tal que se ha sectorizado en cuatro partes para poder solventar cualquier problema derivado de las mallas del geotextil y geomembrana que hay por encima del drenaje de manera que no se tenga que levantar toda la superficie enmallada para poder encontrar la rotura de las mallas (la zona por la que está percollando el agua hacia la red).

9. Análisis de estabilidad

Las dimensiones del talud son:

- Altura del talud: 2,23 m
- Cohesión del suelo (C): 7,5 T/m²
- Peso específico del suelo (γ): 1,80 T/m³
- Pendiente del talud (β): 33,69°

- Ángulo de fricción (ϕ'): 20°

Por el método de la cuña simple se obtiene un factor de seguridad de 25,86 con una pendiente de la falla (θ) de 17,25° mientras que por el método de Bishop simplificado se obtiene un factor de seguridad del talud de 14,691. Estos dos datos anteriormente citados hacen indicar que el talud de la balsa es muy estable.

Se ha calculado el sifonamiento por si hubiera problemas de arenas movedizas ya que el nivel freático, en contadas ocasiones, puede ascender bastante a consecuencia de la construcción cerca del río. Una vez realizado las operaciones todo hace indicar que se podría producir a una profundidad de 1,95 m. A esta profundidad no va a existir ningún problema ya que el objeto más profundo va a ser el zanjón con una profundidad de 1,60 m.

10. Electrificación

A la caseta le llegará corriente en BT desde un Centro Transformador sobre un poste metálico de 160 kVA de potencia mediante una línea aérea trifásica hasta una palometa de amarre exterior de la caseta. De esta palometa continua mediante un pasa muro hasta la Caja General de Protección en el interior. Desde la Caja General de Protección baja una línea repartidora bajo tubo, de 4 conductores independientes aislados de 1 kV de tensión hasta el Cuadro General de Distribución, que se ubicará también dentro de ella.

11. Seguridad y salud

Se especificará de una forma esquemática las disposiciones mínimas de seguridad y salud en la ejecución de la balsa, así como las acciones que pudieran ser más destacables dentro del proyecto. Al tomar decisiones en las fases constructivas, técnicas y de organización se tendrán en cuenta los principios generales sobre la prevención de los riesgos laborales.

12. Evolución económico-financiera

Para el presente proyecto en su vertiente económica se va a distinguir los siguientes parámetros:

- Pago de la inversión.
- Vida útil del proyecto. Para la evaluación económica del proyecto se considera una vida útil de 30 años. Se trata de una inversión a largo plazo que necesita varios años para obtener mínimos ingresos y así amortizar gastos.
- Flujos de caja generados en la totalidad de la vida del proyecto.
- Tipos de intereses.

En el anejo IX se han realizado los cálculos de los costes directos que suponen la explotación de la finca agrícola durante un año.

En cuanto a la financiación del proyecto se hará partiendo de un desembolso de 150.000 € por parte del dueño de la finca y el resto mediante un préstamo bancario al 4% de interés anual.

La explotación da un beneficio anual de 18.789,36 €.

Los costes de la explotación se dividen en unos costes ordinarios anuales que para el presente proyecto es de 7.822,86 € mientras que los costes extraordinarios anuales son de 4.447,33 € a partir del onceavo año.

El valor del V.A.N. a los 30 años de vida de la explotación es de -132.042,92 €, el valor del T.I.R. es menor de 0 y el plazo de recuperación es mayor a 40 años.

13. Presupuesto

El presupuesto del presente proyecto consta de un cuadro de precios 1 en el que se indica con minuciosidad los precios de cada unidad comprada, en las mediciones y presupuesto se designa la cantidad empleada de cada unidad que se ha comprado y por último un resumen del presupuesto en el que se engloba el coste del proyecto más unos incrementos proporcionales al coste del proyecto (esto último da el coste total del proyecto).

▪ Instalación hidráulica	8.400,44 €
▪ Instalación del resguardo, geotextil y geomembrana	38.762,58 €
▪ Instalación de la red de drenaje	9.077,52 €
▪ Movimientos de tierra	136.041,58 €
▪ Electrificación	2.718,06 €
▪ Seguridad y salud	3.120,00 €
▪ 13% gastos generales	25.755,62 €
▪ 6% beneficio industrial	11.887,21 €
▪ 21% I.V.A.	49.510,23 €
▪ Total inversión inicial	285.273,24 €

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de **doscientos ochenta y cinco mil doscientos setenta y tres euros y veinticuatro céntimos (285.273,24 euros)**.

Sevilla, a 30 de abril de 2016

Fdo: Alberto Mejías Macías

ANEJOS A LA MEMORIA

ÍNDICE

Anejo I: Características de la zona	Página 18
Anejo II: Diseño agronómico para el cubicaje de la balsa	Página 44
Anejo III: Estudios de carácter hidráulico	Página 56
Anejo IV: Datos de la balsa	Página 83
Anejo V: Diseño de la red de drenaje	Página 95
Anejo VI: Análisis de estabilidad	Página 108
Anejo VII: Electrificación	Página 127
Anejo VIII: Seguridad y salud	Página 159
Anejo IX: Evolución económico-financiera	Página 171
Anejo X: Índice de figuras	Página 180
Anejo XI: Índice de tablas	Página 186
Anejo XII: Bibliografía	Página 192

Anejo I
Características de la zona

ÍNDICE

1. Localización	Página 21
2. Emplazamiento y comunicaciones	Página 21
3. Climatología	Página 21
3.1. Generalidades	Página 22
3.2. Temperatura	Página 22
3.3. Precipitaciones	Página 23
3.4. Humedad relativa	Página 23
3.5. Evapotranspiración (ET_o)	Página 24
3.6. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)	Página 24
3.7. Velocidad del viento	Página 26
3.8. Índices climáticos	Página 26
3.9. Clasificación climática	Página 27
4. Topografía	Página 32
5. Electrificación	Página 32
6. Geología	Página 32
7. Hidrología	Página 33
8. Análisis del suelo	Página 33
8.1. Propiedades físicas	Página 33
8.2. Propiedades químicas	Página 34
8.3. Interpretación del análisis	Página 34
9. Análisis del agua	Página 37
9.1. Propiedades y composición química	Página 38
9.2. Interpretación	Página 38
9.3. Índice de Scott	Página 41
9.4. Dureza	Página 41
9.5. Toxicidad iónica específica	Página 42
9.6. Bicarbonatos y sulfatos	Página 43
9.7. Conclusión del análisis del agua	Página 43

1. Localización

La zona donde irá la balsa está situada en la Vega del Guadalquivir, más concretamente en Alcalá del Río que es un pueblo de la provincia de Sevilla y que se encuentra a 13 km de la Ciudad de Sevilla.

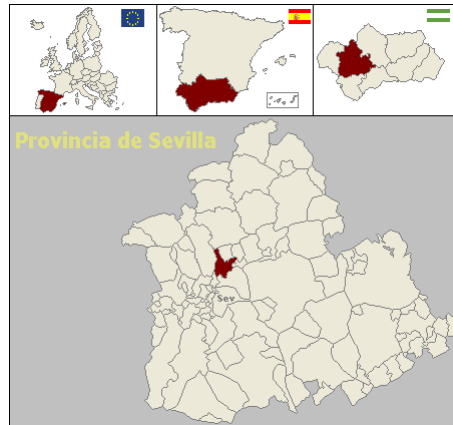


Figura 5. Localización de Alcalá del Río.

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Alcal%C3%A1_del_R%C3%ADo_%28Sevilla%29.PNG

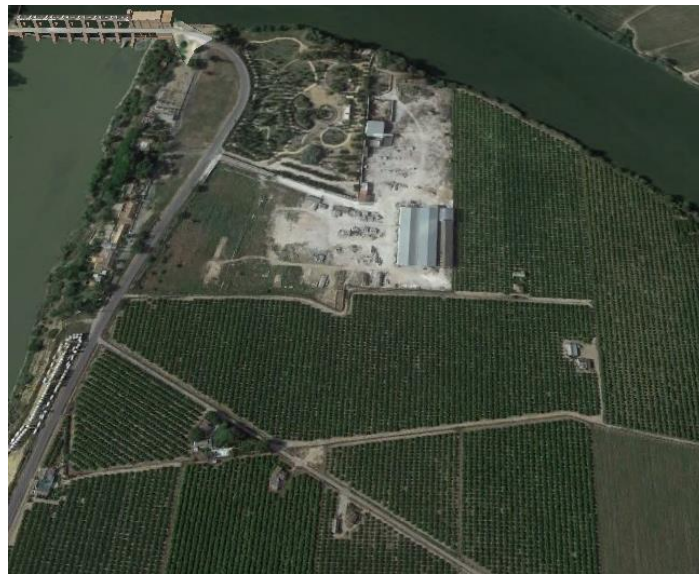


Figura 6. Localización de la balsa.

Fuente: <https://www.google.es/maps/@37.3435044,-5.9882874,14z?hl=es>

2. Emplazamiento y comunicaciones

El emplazamiento de la balsa estará en los terrenos aledaños a la presa que hay en Alcalá del Río (como se puede ver en la figura 6), cercano a unas naves agrícolas y a la carretera C-433.

3. Climatología

Los datos climáticos referentes a este proyecto se han tomado de la Conserjería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. La estación

agroclimática elegida para el proyecto ha sido la situada en el término de La Rinconada (Sevilla) por ser la más cercana al lugar del proyecto.

Datos de la estación agroclimática

Coordenadas UTM: X (241387.0); Y (4149790.0)

Latitud: 37° 27' 29'' N

Longitud: 05° 55' 25'' W

Altitud: 37.0

3.1. Generalidades

El clima existente en Alcalá del Río es un clima mediterráneo que se caracteriza por inviernos templados y lluviosos y un verano seco y caluroso mientras que la primavera y el otoño son variable tanto en temperatura como en precipitaciones. Las precipitaciones no son abundantes produciéndose en verano una total carencia de lluvias. De media las temperaturas siempre están por encima de los 0 °C alcanzándose las temperaturas más altas en los meses de verano, llegando a sobrepasar los 40 °C.

3.2. Temperatura

Las temperaturas que en este proyecto se tratará son aquellas registradas entre el 1 de enero de 2001 y el 31 de diciembre de 2012.

Temperatura media

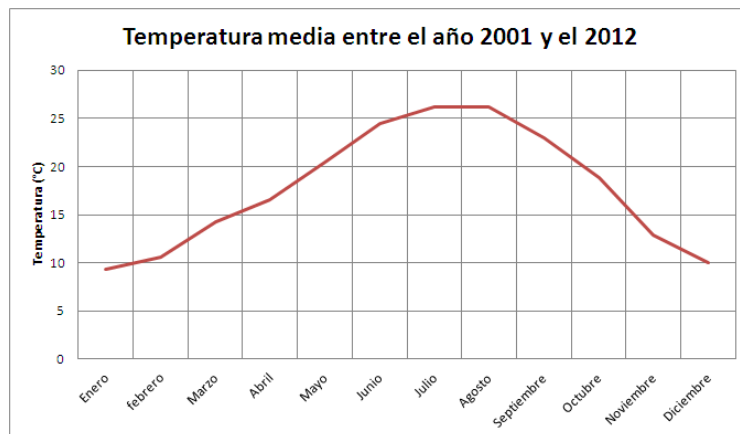


Figura 7. Gráfica que muestra la temperatura media (°C).

3.3. Precipitaciones

Las precipitaciones que en este proyecto se tratará son aquellas registradas entre el 1 de enero de 2001 y el 31 de diciembre de 2012.

Precipitaciones medias

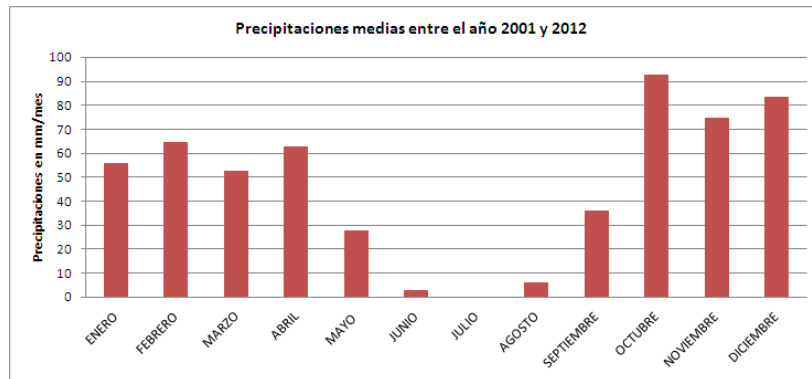


Figura 8. Precipitaciones medias (mm/mes).

Diagrama ombrotérmico

En la figura 9 se observa el diagrama ombrotérmico del municipio de La Rinconada con datos tomados entre el año 2001 y el 2012. Se puede ver una línea azul que indica la temperatura registrada mientras que la línea roja muestra las precipitaciones.

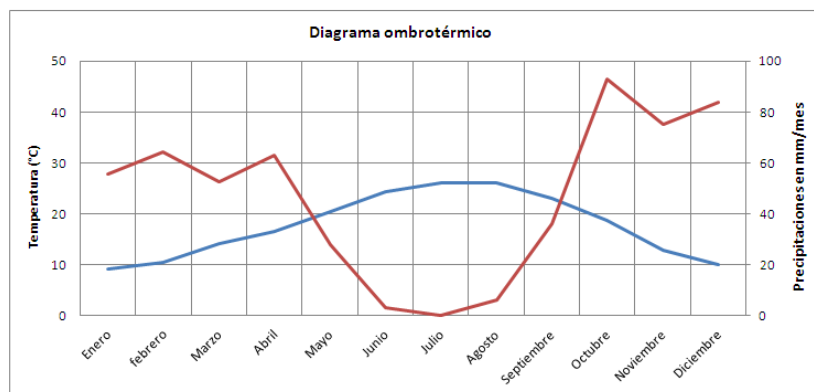


Figura 9. Diagrama ombrotérmico con los datos registrados entre los años 2001 y 2012.

3.4. Humedad relativa

Se han tratado con datos registrados de humedades relativas en el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2001 y el 31 de diciembre de 2012.

Humedad relativa media

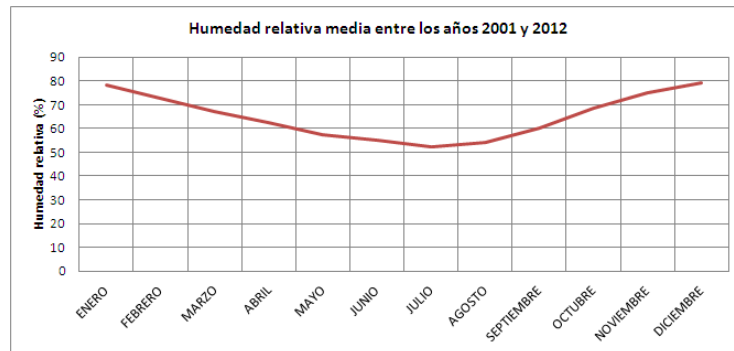


Figura 10. Humedad relativa media.

3.5. Evapotranspiración (ET_o)

La evapotranspiración de referencia (ET_o) hace referencia al flujo de agua en forma de vapor que va desde la superficie terrestre de un cultivo de referencia (césped) y desde el suelo hacia la atmósfera.

Se mostrará una gráfica de la media de los años 2001 al 2012.

ET_o media

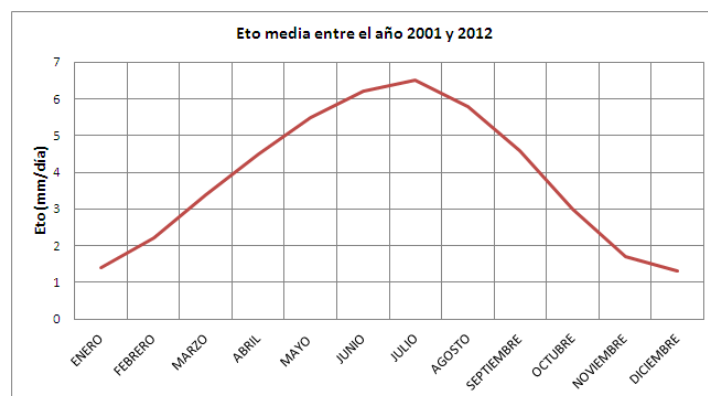


Figura 11. ET_o media (mm/día).

3.6. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo está relacionada con la evapotranspiración de referencia (ET_o) y un valor constante que es propio de cada cultivo (K_c). En este proyecto el cálculo de la ET_c se va a realizar bajo condiciones estándar por lo que no se va a considerar que existan limitaciones en el desarrollo del cultivo por distintos factores como puedan ser plagas, enfermedades, estrés salino, malas hierbas, etc. Además hay que tener en cuenta que las plantaciones son de cítricos (naranjos) por lo que no existe una variación mensual en la K_c .

La fórmula para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo es:

$$ET_C = ET_0 \cdot K_C$$

La tabla 5 refleja los datos tabulados de la constante del cultivo (K_C) de distintos cultivos.

Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, K_C y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos ($HR_{min} \approx 45\%$, $u_2 \approx 2 \text{ m s}^{-1}$) para usar en la fórmula de la FAO Penman-Monteith ET_0 .

Cultivo	$K_{C_{m1}}$	$K_{C_{med}}$	$K_{C_{m2}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0,40	0,90	0,65 ¹⁸	5
Manzanas, Cerezas, Pears¹⁹				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,95	0,70 ¹⁸	4
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,60	0,95	0,75 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,20	0,95 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,20	0,85 ¹⁸	4
Albaricque, Melocotón o Durazno, Drupas^{19, 20}				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,90	0,65 ¹⁸	3
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,55	0,90	0,65 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,15	0,90 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,15	0,85 ¹⁸	3
Aguacate, sin cobertura del suelo	0,60	0,85	0,75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo²¹				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas²²				
– 70% cubierta vegetativa	0,75	0,70	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,80	0,80	0,80	3
– 20% cubierta vegetativa	0,85	0,85	0,85	2
Coníferas²³	1,00	1,00	1,00	10
Kiwi	0,40	1,05	1,05	3
Olivos (40 a 60% de cobertura del suelo por el dosel) ²⁴	0,65	0,70	0,70	3-5
Pistachos, sin cobertura del suelo	0,40	1,10	0,45	3-5
Huerto de Nogal ¹⁹	0,50	1,10	0,65 ¹⁸	4-5

Tabla 5. Valores de K_C para distintos cultivos (R. G. Allen et al, 1997).

Una vez que se tiene conocimiento de la K_C (0,65), gracias a la fórmula anterior se calcula la ET_C para cada mes con los datos de la figura 12.

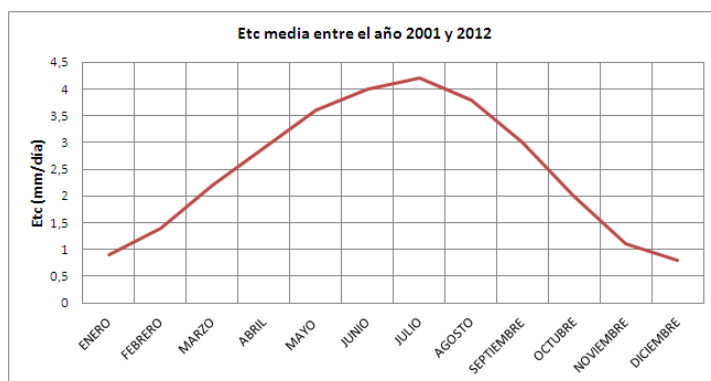


Figura 12. ET_C media entre los años 2001 y 2012 para cultivos de cítricos.

3.7. Velocidad del viento

En este apartado se podrá ver en la figura 13 la velocidad del viento anual.

Velocidad del viento media

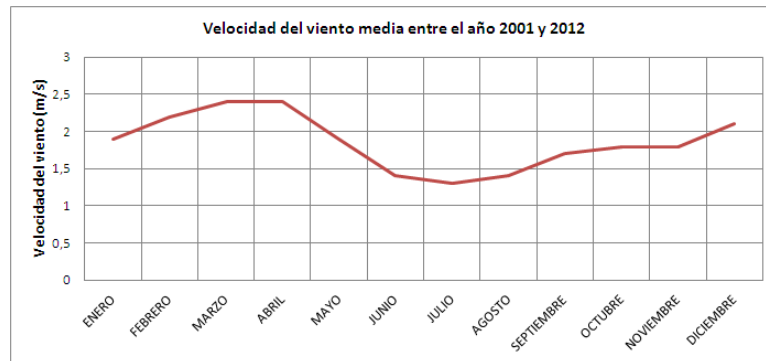


Figura 13. Velocidad del viento media.

3.8. Índices climáticos

A continuación se calculará los índices climáticos para dar una idea del clima de la zona del proyecto en relación a los cultivos y la vegetación.

Índice de pluviosidad de Lang (I_L)

$$I_L = \frac{P}{T_{ma}} = \frac{560,7}{17,7} = 31,68$$

P: Precipitación anual en mm (para este proyecto es 560,7 mm)

T_{ma} : Temperatura media anual en °C (para este proyecto es 17,7 °C)

I_L	CLIMA
>160	Húmedo
100-160	Templado húmedo
60-100	Templado cálido
40-60	Mediterráneo/Semiárido
20-40	Mediterráneo/Estepario
0-20	Mediterráneo/árido

Tabla 6. Tabla que refleja el tipo de clima según el índice de Lang.

Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ii6Q4gRMpM0J:www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/TEMA2.doc+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=es>

Índice de aridez de "De Martonne" (I_M)

$$I_M = \frac{P}{T_{ma} + 10} = \frac{560,7}{17,7 + 10} = 20,2$$

Tanto P como T_{ma} son las mismas variables que en el índice anterior.

I _M	CLIMA
>60	Per-húmedo
60-30	Húmedo
30-20	Sub-húmedo
20-15	Semiárido (mediterráneo)
15-5	Árido (estepario)
5-0	Árido extremo (desierto)

Tabla 7. Tabla que refleja el tipo de clima según el índice de “De Martonne”.

Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ii6Q4gRMpM0J:www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/TEMA2.doc+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=es>

Índice de termopluviométrico de Dantin y Revenga

$$I_{DR} = \frac{100 \cdot T_{ma}}{P} = \frac{100 \cdot 17,7}{560,7} = 3,2$$

Tanto P como T_{ma} son las mismas variables que en el índice anterior.

I _{DR}	CLIMA
0-2	España húmeda
2-3	España semiárida
3-6	España árida
>6	España sub-desértica

Tabla 8. Tabla que refleja el tipo de clima según el índice termopluviométrico de Dantin y Revenga.

Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ii6Q4gRMpM0J:www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/TEMA2.doc+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=es>

3.9. Clasificación climática

La clasificación climática empleada es la de Papadakis que utiliza como datos:

- temperatura media de las máximas (T).
- temperatura media de las mínimas (t).
- temperatura media de las mínimas absolutas (t').
- precipitación media mensual (P_i).
- evapotranspiración potencial (ETP_i). Aquí se utilizará como ETP los datos de las ET_o.

	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
T (°C)	15,2	17,1	20,7	23,4	27,7	32,4	35,1	35	30,7	25,4	18,9	15,5
t (°C)	4,4	5,1	7,8	10,1	13,2	16,2	17,3	17,7	15,7	12,9	7,8	5,4
t' (°C)	-1,3	-1,1	0,9	5,2	9,2	12,2	13,6	13,8	10,4	7	2,5	0
P (mm/mes)	55,8	64,4	52,7	63	27,9	3	0	6,2	36	93	75	83,7
ET _o ^P (mm/d)	1,4	2,2	3,4	4,5	5,5	6,2	6,5	5,8	4,6	3	1,7	1,3
ET _o ^P (mm/mes)	43,4	61,6	105,4	135	170,5	186	201,5	179,8	138	93	51	40,3

Tabla 9. Datos de los principales parámetros utilizados en la clasificación climática según Papadakis.

Tipo de invierno

Tª media de las mínimas absolutas del mes más frío: $t' = -1,3^{\circ}\text{C}$ (enero) $> -2,5^{\circ}\text{C}$

Tª media de las mínimas del mes más frío: $t_f = 4,4^{\circ}\text{C}$ (enero)

Tª media de máximas del mes más frío: $T_f = 15,2^{\circ}\text{C}$ (enero) $> 10^{\circ}\text{C}$

Según la tabla: **Invierno CITRUS (Ci)**

TIPO	TEMP.MEDIA DE LAS MINIMAS ABSOLUTAS DEL MES MAS FRIO	TEMP.MEDIA DE LAS MINIMAS DEL MES MAS FRIO	TEMP.MEDIA DE LAS MAXIMAS DEL MES MAS FRIO
Ecuatorial			
Ec	mayor de 7°	mayor de 18°	---
Tropical			
Tp (cálido)	id	13 a 18°	mayor de 21°
tP (medio)	id	8 a 13°	id
tp (fresco)	id	---	menor de 21°
Citrus			
Ct (tropical)	7 a $-2,5^{\circ}$	mayor de 8°	mayor de 21°
Ci	id	---	10 a 21°
Avena			
Av (cálido)	$-2,5^{\circ}$ a -10°	mayor de -4°	mayor de 10°
av (fresco)	mayor de -10°	---	5 a 10°
Triticum			
Tv (trigo-avena)	-10° a -29°	---	mayor de 5°
Ti (cálido)	mayor de -29°	---	0 a 5°
ti (fresco)	id	---	menor de 0°
Primavera			
Pr (más cálido)	menor de -29°	---	mayor de $-17,8^{\circ}$
pr (más fresco)	id	---	menor de $-17,8^{\circ}$

Si un invierno es demasiado frío para un tipo determinado y demasiado cálido para el tipo inferior, deberá incluirse en este último.

Tabla 10. Tipos de invierno según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd1/ClasificacionPapadakis.pdf>

Por tanto el invierno es suficientemente suave para cultivar cítricos, pero el clima no está libre de heladas. La media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío está comprendida entre $-2,5^{\circ}\text{C}$ y 7°C .

Tipo de verano

Estación media libre de heladas: Tª media de mínimas absolutas $> 0^{\circ}\text{C}$ → todo el año menos enero y la primera quincena de febrero.

Estación disponible libre de heladas: Tª media de las mínimas absolutas $> 2^{\circ}\text{C}$ → desde el 8 de marzo al 6 de diciembre.

Estación mínima libre de heladas: Tª media de mínimas absolutas > 7 °C → desde el 13 de abril al 31 de octubre (> 4,5 meses).

Tª media de máximas del semestre más cálido: 31,05 °C (mayo-octubre) > 25 °C.

Tª media de máximas del mes más cálido: 35,1 °C (julio) > 25 °C.

Según tabla: **Verano GOSSYPIMUM Cálido (G)**

Por tanto, en esta zona podremos cultivar algodón en verano.

CUADRO Nº 2

TIPOS DE VERANO Y SUS LIMITES EN TERMINOS DE TEMPERATURA

(Papadakis)

TIPO	DURACION DE LA ESTACION LIBRE DE HELADAS (MINIMA DISPONIBLE O MAS CALIDOS), EN MESES	MEDIA DE LAS MAXIMAS DE LOS n MESES MAS CALIDOS	MEDIA DE LAS MAXIMAS DEL MES MAS CALIDO	MEDIA DE LAS MINIMAS DEL MES MAS CALIDO	MEDIA DE LAS MINIMAS DE LOS DOS MESES MAS CALIDOS
Gossypium					
(algodón)					
G (más cálido)	mínima >4'5	> 25° n= 6	> 33'5"		
g¹ (menos cálido)	id	id	< 33'5"	> 20°	
Cafeto c	mínima 12	> 21° n= 6	id	< 20°	
Oryza					
(arroz)					
o¹	mínima >4	21° a 25° n= 6			
Maiz					
M²	disponible >4'5	> 21° n=6			
Triticum					
T (más cálido)	id	< 21° n=6			
		> 17° n=4			
t (menos cálido)	disponible 2'5 a 4'5	> 17° n=4			
Polar cálido					
(taiga)					
P	disponible < 2'5	> 10° n=4			> 5°
Polar frío					
(tundra)					
p³	id	> 6° n=2			
Frigido					
F (desértico subglacial)		< 6° n=2	> 0°		
f (helada permanente)			< 0°		
Andino-alpino					
A³ (alpino bajo)	disponible <2'5 media >1	> 10° n=4			
a³ (alpino alto)	media <1	id			

1: No puede ser c
2: No puede ser G, g, O ó c
3: No puede ser P

A efecto de clasificación se han introducido las siguientes variaciones respecto al original de Papadakis: para el tipo Oryza se ha considerado que la media de las máximas de los 6 meses más cálidos debe ser > 21° C, y para los tipos Triticum no se tiene en cuenta la condición de que la media de las máximas de los 4 meses más cálidos sea > 17° C.

Tabla 11. Tipos de verano según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd1/ClasificacionPapadakis.pdf>

Régimen térmico

CUADRO Nº 3
EQUIVALENCIA DE LOS REGIMENES DE TEMPERATURA
CON LOS TIPOS DE INVIERNO Y VERANO

REGIMEN TERMICO	(Papadakis) TIPO DE INVIERNO	TIPO DE VERANO
Ecuatorial		
EQ (cálido)	Ec	G
Eq (semicálido)	Ec	g
Tropical		
TR (cálido)	Tp	G
Tr (semicálido)	Tp	g
tR (cálido con invierno fresco)	tP	G, g
tr (fresco)	tp	O, g
Tierra templada		
Tt (tierra templada)	Tp, tP, tp	c
tt (tierra templada fresca)	tp	T
Tierra fría		
TF (tierra fría baja) (1)	Ct o más frío	g
Tf (tierra fría media) (1)	Ci o más frío	O, M
tf (tierra fría alta) (1)	Ci o más frío	T, t
Andino		
An (bajo) (1)	Ti o más suave	A
an (alto) (1)	id	a
aP (taiga andina) (1)	id	P
ap (tundra andina) (1)	id	p
aF (desierto subglacial andino) (1)	id	F
Subtropical		
Ts (semitropical)	Ct	G, g
SU (Subtropical cálido)	Ci, Av	G
Su (Subtropical semicálido) (2)	Ci	g
Marítimo		
Mm (supermarítimo) (3)	Ci	T
MA (marítimo cálido) (3)	Ci	O, M
Ma (marítimo fresco) (3)	av	T
ma (marítimo frío) (3), (4)	av, Ti	P
mp (tundra marítima) (3)	Ti	p
mF (desierto subglacial marítimo) (3)	Ti	F

Tabla 12. Régimen térmico según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd1/ClasificacionPapadakis.pdf>

Viendo el cuadro se observa que el régimen térmico del municipio de Alcalá del Río es subtropical cálido (SU).

Régimen hídrico

Balance hídrico según Papadakis:

mm/mes	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	Total
ETP	43,4	61,6	105,4	135	170,5	186	201,5	179,8	138	93	51	40,3	1405,5
P	55,8	64,4	52,7	63	27,9	3	0	6,2	36	93	75	83,7	560,7
R*	79,8	82,6	29,9	0	0	0	0	0	0	0	24	67,4	
ETR	43,4	61,6	105,4	92,9	27,9	3	0	6,2	36	93	51	40,3	
lh_i	2,8	2,3	1,3	0,7	0,2	0	0	0	0,3	1	1,5	2,7	
mes	H	H	PH	I	S	S	S	S	S	I	H	H	
Ln_i	12,4	2,8									24	43,4	82,6

Tabla 13. Principales parámetros utilizados en el balance hídrico para la clasificación climática según Papadakis.

R* : Reserva a final de mes

ETR: Evapotranspiración real que se produce

$$\text{Índice de humedad anual: } I_h = \frac{P_{\text{anual}}}{ETP_{\text{anual}}} = \frac{560,7}{1405,5} = 0,40$$

$$\frac{L_n}{ETP} = \frac{82,6}{1405,5} = 0,06 \rightarrow L_n < 0,2 ETP_{\text{anual}}$$

$$0,22 < I_h < 0,88$$

En uno o más meses con media de máximas $T > 15^{\circ}\text{C}$ se cumple que $P_i + R_{i-1} > ETP_i$

El régimen hídrico es **Mediterráneo Seco (Me)** \rightarrow L_n menor del 20 por ciento de la ETP anual; índice anual de la humedad entre 0,22 y 0,88; en uno o más meses con la media de las máximas $> 15^{\circ}\text{C}$; el agua disponible ($P_i + R_{i-1}$) cubre completamente la ETP_i .

Clasificación según Papadakis: Invierno CITRUS (Ci), Verano GOSSYPIMUM Cálido (G)

Régimen térmico: Subtropical Cálido (SU)

Régimen hídrico: Mediterráneo Seco (Me)

Unidad Climática: **Mediterráneo**

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE PAPADAKIS		
SEGÚN LOS REGIMENES TÉRMICO E HÍDRICO		
Unidad climática	Régimen térmico	Régimen hídrico
1. Tropical. Ej. Río de Janeiro, Brasil	EQ, Eq, TR, Tr, tR, tr, Tt, tt	HU, Hu, MO, Mo, mo
2. Tierra fría. Ej. La paz, Bolivia	TF, Tf, tf, An, an, aP, ap, aF	HU, Hu, MO, Mo, mo
3. Desértico. Ej. El Cairo, Egipto	Cualquiera	da, de, di, do
4. Subtropical. Ej. Canton, China	Ts, SU, Su	HU, Hu, MO, Mo, mo
5. Pampeano. Ej. Pergamino, Argentina	PA, Pa, pa, TE, MA, Ma, ma, SU, Su	St, si, MO, mo
6. Mediterráneo . Ej. Roma, Italia	Cualquiera	ME, Me me
7. Marítimo. Ej. Londres, Reino Unido	Mm, MA, Ma, ma, TE, Te, te, Pa, pa	HU, Hu
8. Continental húmedo. Ej. Nueva Cork, USA	CO, Co, co	HU, Hu, MO
9. Estepa. Ej. Odessa, Rusia	CO, Co, co, Po, Te, te	St, si, Mo, mo
10. Polar. Ej. Barrow Point, Alaska	Po, po, Fr, fr, Al, al	Cualquiera

Tabla 14. Clasificación climática según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd2/ClasificacionPapadakis.pdf>

4. Topografía

Para la elaboración del proyecto se ha tomado los puntos que ofrece el MDT (Modelo Digital Terrestre) de Andalucía. Cada punto dista del otro unos 10 metros y recrea una topografía casi fiel a la realidad.

La zona donde se asienta la finca es una zona orográficamente plana en la cual no hay desniveles superiores al 1,50 m.

5. Electrificación

A la caseta le llega la corriente en BT desde un Centro Transformador sobre un poste metálico de 160 kVA de potencia mediante una línea aérea trifásica (3 fases y 1 neutro) aislados, en forma de haz trenzado, asidos a su cable fijador de acero, hasta una palometa de amarre exterior de la caseta. De esta palometa continua mediante un pasa muro hasta la Caja General de Protección en el interior. Desde la Caja General de Protección baja una línea repartidora bajo tubo, de 4 conductores independientes aislados de 1 kV de tensión hasta el Cuadro General de Distribución, que se ubicará también dentro de ella.

6. Geología

La zona donde se ubicará la balsa, pertenece a las formaciones geológicas del Cuaternario, más concretamente a la clasificación de terraza segunda.

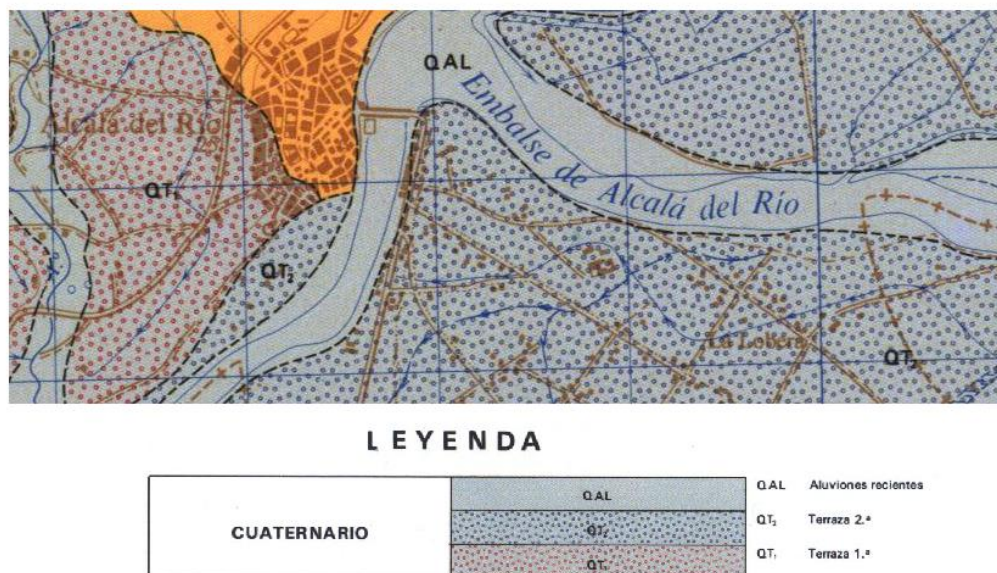


Figura 14. Mapa geológico del municipio de Alcalá del Río.

Fuente: http://www.igme.es/internet/cartografia/cartografia/datos/magna50/jpg/d9_jpg/Editado_MAGNA50_962.jpg

7. Hidrología

Como se puede observar en la figura 15 que es el mapa hidrológico del río Guadalquivir tomada de la Red Hidrográfica de Andalucía, la zona donde se va a realizar el proyecto está bañada por el río. Gracias a su proximidad con la zona donde se realizarán las obras, el agua se tomará del propio río a través de una tubería.

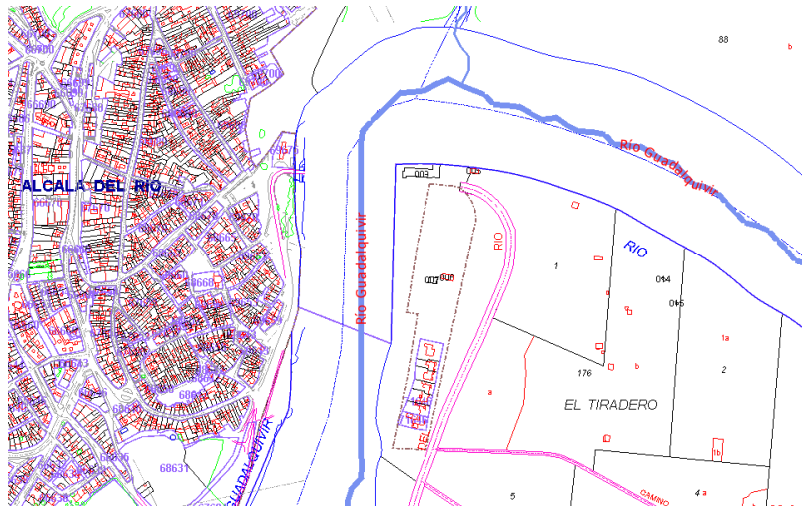


Figura 15. Mapa hidrológico cruzado con el catastral del municipio de Alcalá del Río usando el programa gvSIG.

8. Análisis del suelo

El perfil del suelo es el característico de una vega, con los siguientes horizontes edáficos:

- Ap (0-25 cm) → Color 10 YR 6,5/3. Textura franca. Estructura en bloques angulares en seco a migajosa en húmedo. Consistencia en seco ligeramente duro; en húmedo desmenuzable. Calizo incluso en superficie. Fauna y raíces abundantes. Límite inferior neto y plano.
- C (25-120 cm) → Color análogo 10 YR 6,5/3. Textura franca. Estructura de bloques angulares, débil en seco y migajosa en húmedo. Calizo, fauna y raíces abundantes.

8.1. Propiedades físicas

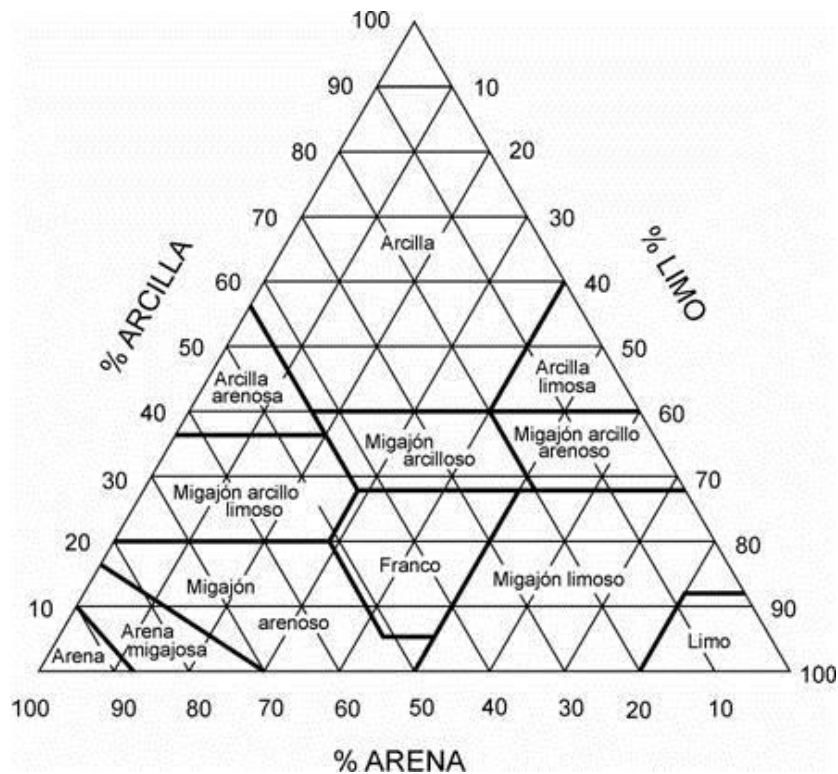
Análisis físico

Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
0-25	42	45,5	12,5
25-120	45	42,5	12,5

Tabla 15. Datos del análisis físico del suelo de la muestra.

				Cationes de cambio (meq/100 gr)				Carbonatos		Materia orgánica		
Profundidad (cm)	C.E. (ds/m)	pH	P. asimilable (ppm)	Ca	Mg	K	Na	Total (%)	Activo (%)	Carbono orgánico (%)	Nitrógeno (%)	C/N
0-25	1,1	8,2	16	11,0	1,5	0,5	0,25	18,5	9,0	0,75	0,08	9,3
25-120	1,2	8,3	Sin datos	9,0	0,35	0,7	0,35	17,4	8,6	0,48	0,05	9,6

Según el diagrama triangular de la United States Department of Agriculture (U.S.D.A) y de los datos del análisis granulométrico, el suelo pertenece a la clase textural **franca**. Estos suelos presentan una proporción equilibrada de arena, arcilla y limo.



1000

Capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua útil

Los siguientes parámetros están muy relacionados con la clase textural del suelo y por tanto, se pueden conocer. La siguiente tabla da unos datos aproximados sobre la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y el agua útil en peso.

Textura del suelo	Capacidad de campo (%)	Punto de marchitez permanente (%)	Agua disponible (%)
Arenoso	9 (6 -12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)
Franco	22 (18 – 26)	10 (8 – 12)	12 (10 – 14)
Franco – Arcilloso	27 (23 – 31)	14 (12 – 16)	13 (11 – 15)
Arcilloso	36 (31 – 39)	18 (16 – 20)	18 (15 – 19)

Tabla 17. Relación de la textura del suelo con la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el agua disponible en peso (adaptada de Israelsen y Hansen, 1979).

Al no realizar las determinaciones precisas para determinar de forma exacta los valores de estas propiedades físicas del suelo, se van a tomar los valores que son más desfavorables de la tabla anterior. Por tanto, para nuestro suelo se tiene:

- Capacidad de campo: 18% en peso.
- Punto de marchitez permanente: 8% en peso.
- Agua útil: 10% en peso.

pH

El pH del suelo es de 8,2 y del subsuelo de 8,3 por lo que se considera este suelo como **básico**.

Sales

La conductividad eléctrica del suelo es de 1,1 ds/m y la del subsuelo es de 1,2 ds/m por lo que está comprendido en el rango de suelos **no salinos**.

Materia orgánica

Los primeros 25 cm de suelo contienen un 1,29% de materia orgánica, mientras que en los siguientes tienen un 0,83%. El contenido óptimo económico en materia orgánica para un suelo franco suele estar comprendido entre 1,6 - 1,7% por lo que el suelo del proyecto tiene un contenido de materia orgánica **muy bajo**.

Nitrógeno total

Según la tabla de las propiedades química, los primeros 25 cm de suelo tienen un contenido de nitrógeno del 0,08% mientras que en la siguiente capa (25 – 120 cm) tienen un contenido de 0,05%. Estos niveles se consideran como **bajo** (0 -25 cm) y como **muy bajo** (25 – 120 cm).

Relación C/N

La relación carbono – nitrógeno del suelo es de 9,3 en la primera capa (0 -25 cm) y de 9,6 (25 – 120 cm) por lo que se considera que están en un valor próximo al **óptimo** (10).

Carbonatos

En los primeros 25 cm hay un 18,5% mientras que en la siguiente capa es de 17,4%. Estos valores son considerados como **medianamente calizos**.

Caliza activa

Con respecto a la caliza activa hay en la primera capa un porcentaje de un 9% mientras que en la siguiente capa se encuentra a un 8,6%. Estos dos valores se consideran como **moderado-alto** y hay que tener especial atención a la posible aparición de clorosis férrica ya que los cítricos son cultivos sensibles.

Fósforo

El contenido de fosforo asimilable entre 0 – 25 cm es de 16 ppm mientras que en la siguiente capa no tenemos datos. Debido a la textura franca del suelo y al tipo de cultivo (intensivo) da como resultado que el nivel de fósforo sea **acceptable**.

Calcio

El calcio que hay en la primera capa del suelo es de 11 meq/100 g y en la segunda capa es de 9 meq/100 g por lo que se considera que en ambas capas el nivel de calcio es **alto**.

Magnesio

Los primeros 25 cm tienen un contenido en magnesio de 1,5 meq/100 g y en los siguientes de 0,35 meq/100 g. En el primer caso el nivel de magnesio se considera como **normal** y en el segundo como **muy bajo**.

Potasio

Los primeros 25 cm tienen un contenido en potasio de 0,5 meq/100 g y en los siguientes tienen un contenido de 0,7 meq/100 g. En la primera capa se considera el contenido en potasio como **bajo** mientras que en la segunda capa es **normal**.

Sodio

Los primera capa (0 – 25 cm) se cuenta con un contenido en sodio de 0,25 meq/ 100 g y en la siguiente capa (25 – 120 cm) el contenido en sodio es de 0,35 meq/ 100 g. Esto refleja que se tenga un contenido en sodio **bajo** en ambas capas.

Tabla resumen de las propiedades químicas

La tabla 17 muestra los rangos de las propiedades analizadas del suelo.

Determinaciones analíticas	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Reacción pH (extracto 1/2,5)	<5,5	5,5 – 6,5	6,6 – 7,5	7,6 – 8,5	>8,5
CO₃Ca total (%)	<2	2 - 10	11 - 20	21 – 40	>40
CO₃Ca activo (%)	<1	1 – 4	5 – 9	10 – 15	>15
Conductividad en mmhos/cm (extracto 1/5)	<0,20	0,20 – 0,40	0,41 – 0,70	0,71 – 1,20	>1,20
Nitrógeno total (%)	<0,07	0,07 – 0,12	0,13 – 0,18	0,19 – 0,24	>0,24
Relación C/N	<6	6 – 8	8,1 – 10	10,1 – 12	>12
Capacidad de cambio catiónico (meq/100 g)	<5	5 – 10	11 – 20	21 – 30	>30
Calcio (%)	<25	25 – 45	46 – 75	76 – 90	>90
Magnesio (%)	<5	5 – 10	11 – 20	21 – 25	>25
Potasio (%)	<2	2 – 4	5 – 8	9 – 12	>12
Sodio (%)	<1	1 – 2	3 – 9	10 – 15	>15
Relación Ca/Mg (relaciones para valores expresados en meq/100 g)	<1	1 – 3	4 – 6	7 – 10	>10
Relación K/Mg (relaciones para valores expresados en meq/100 g)	<0,10	0,10 – 0,15	0,16 – 0,35	0,36 – 0,60	>0,60

Tabla 18. Rango de valores de las propiedades químicas del suelo (Legaz et al., 1995).

A continuación, comparando con la tabla 17, se obtiene una tabla resumen de las propiedades químicas del suelo y el valor que se obtiene en cada propiedad analizada.

Propiedades químicas del suelo	Capas	
	0 – 25 cm	25 – 120 cm
pH	Básico	
Sales	No salinos	
Materia orgánica	Muy bajo	
Nitrógeno total	Bajo	Muy bajo
Relación C/N	Óptimo	
Carbonatos	Medianamente calizo	
Caliza activa	Moderado-alto	
Fósforo	Aceptable	
Calcio	Alto	
Magnesio	Normal	Muy bajo
Potasio	Bajo	Normal
Sodio	Bajo	

Tabla 19. Tabla resumen de las propiedades químicas del suelo.

9. Análisis del agua

Para llegar a calcular el volumen del embalse para este proyecto, además de conocer los datos del suelo donde se asienta nuestra plantación, hay que conocer los datos del agua que se va a utilizar.

La procedencia del agua que se va a utilizar para regar el cultivo se ha tomado del propio Río Guadalquivir ya que el embalse se alimentará del agua propia del río.

9.1. Propiedades y composición química

A continuación se muestra la tabla 19 con las propiedades y la composición de una muestra del agua analizada.

Propiedades químicas		pH		7,5
		C.E. (dS/m a 25°C)		1,04
		Residuo calculado (g/l)		0,666
		Presión osmótica (atm)		0,36
		Dureza total (°F)		37,6
Composición química	Cationes	Calcio	3,43 (meq/l)	69,00 (mg/l)
		Magnesio	4,01 (meq/l)	49,00 (mg/l)
		Sodio	2,26 (meq/l)	52,00 (mg/l)
		Potasio	<0,05 (meq/l)	<2,00 (mg/l)
	Aniones	Bicarbonatos	4,10 (meq/l)	250,00 (mg/l)
		Cloruros	3,21 (meq/l)	114,00 (mg/l)
		Nitratos	0,71 (meq/l)	44,02 (mg/l)
		Sulfatos	1,80 (meq/l)	86,40 (mg/l)

Tabla 20. Datos sobre las propiedades y la composición química del agua de la muestra.

9.2. Interpretación

Salinidad

Un exceso de sales en el agua de riego disminuye el rendimiento del cultivo ya que una alta concentración de sales en la zona próxima a las raíces del cultivo ocasiona un aumento negativo del potencial hídrico en general y del potencial osmótico en particular.

Para poder evaluar la salinidad del agua se ha usado el criterio de interpretación de la calidad de las aguas para el riego de Ayers y Westcot que a continuación se muestra.

Problema potencial	Grado de restricción de uso		
	Nulo	Ligero a moderado	Elevado
1. Salinidad (afecta al rendimiento de los cultivos) CE (dS/m a 25°C)	< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
2. Sodicidad (afecta a la infiltración y permeabilidad del suelo) SAR=0-3 y CE= SAR=3-6 y CE= SAR=6-12 y CE= SAR=12-20 y CE= SAR=20-40 y CE=	> 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
3. Toxicidad iónica específica (afecta al rendimiento de los cultivos sensibles) a) Sodio (Na ⁺) Riego por superficie (SAR) Riego por aspersión (meq/l) b) Cloruro (Cl ⁻) Riego por superficie (meq/l) Riego por aspersión (meq/l) c) Boro (B) (mg/l)	< 3 < 3 < 4 < 3 < 0,7	3-9 > 3 4-10 > 3 0,7-3,0	> 9 > 10 > 3,0

Tabla 21. Criterios para la interpretación de la calidad de las aguas del riego (Ayers y Westcot, 1987).

En la tabla 21 se muestra la tolerancia de distintos cultivos con relación a la salinidad medida en CE (dS/m a 25°C). Una vez que el agua de riego presenta un valor de

salinidad mayor al que es capaz de tolerar el cultivo, conforme aumente esa diferencia más notable se hará el descenso del rendimiento.

Cultivo	CE	Cultivo	CE
Cebada	5,3	Alfalfa	1,3
Algodón	5,1	Naranja	1,1
Sorgo	4,5	Maíz	1,1
Trigo	4,0	Melocotón	1,1
Soja	3,3	Almendro	1,0
Festuca	2,6	Vid	1,0
Arroz	2,0	Lechuga	0,8
Tomate	1,7	Cebolla	0,8
Pepino	1,7	Judía verde	0,8

Tabla 22. Tolerancia de los distintos cultivos a la salinidad del agua de riego (Ayers y Westcot, 1987).

Una vez visto estas dos tablas, se puede decir que el agua de riego que se pretende usar para llenar la balsa (procedente del Río Guadalquivir) presenta un **grado de restricción de ligero a moderado** aunque se puede usar esta agua directamente ya que los cultivos de naranja son capaces de tolerar ese valor.

Sodicidad, S.A.R. y S.A.R. corregido

El sodio es el elemento que presenta mayor proporción en las aguas salinas. Tiene un efecto degradante en el suelo ya que destruye la propia estructura del suelo interaccionando con el complejo arcillo-húmico y por lo tanto impidiendo la asimilación de calcio, magnesio y potasio entre otros.

El S.A.R. es la relación de adsorción de sodio y es una relación entre la proporción que hay del ión sodio con relación a los iones de calcio y magnesio. Viene expresado mediante la siguiente fórmula:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Actualmente ha quedado obsoleta la fórmula tradicional del S.A.R. por lo que existe una corrección. Dicha corrección fue propuesta en 1981 y se denomina Relación de adsorción de sodio corregida. En este cálculo se admite que existe una fuente de calcio en el suelo y que este calcio precipita con los bicarbonatos y cuya fórmula es:

$$SAR^{\circ} = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{\circ} + Mg^{2+}}{2}}}$$

El valor del calcio corregido se obtiene de dividir $[\text{HCO}_3^-] / [\text{Ca}^{2+}]$, ambos datos en meq/l, en nuestro caso da un valor de 1,20.

El valor del C.E. es de 1,04 y según la tabla de la determinación del calcio corregido $[\text{Ca}^0]$.

Cuadro 12.7 Determinación del calcio corregido (Ca^0)

		Salinidad del agua aplicada (dS/m)											
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
Valor de HCO_3/Ca	0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
	0,10	8,31	8,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,02	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
	0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
	0,20	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13	7,57	7,91
	0,25	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
	0,30	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44	5,77	6,04
	0,35	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91	5,21	5,45
	0,40	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49	4,77	4,98
	0,45	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,68	3,80	4,00	4,15	4,41	4,61
	0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
	0,75	2,17	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95	3,14	3,28
	1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
	1,25	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10	2,23	2,33
	1,50	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
	1,75	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68	1,78	1,86
	2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
	2,25	1,04	1,08	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42	1,51	1,58
	2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
	3,00	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
	3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
	4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07
	4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
	5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93
	7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74
	10,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58
	20,00	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37
	30,00	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28

CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN EL RIEGO

Tabla 23. Determinación del calcio corregido (Urbano Terrón P, 1995).

En este caso da un valor de calcio corregido de 1,78.

Una vez conocido el valor del calcio corregido, se calcula el SAR corregido y se obtiene:
 $\text{SAR}^0 = 2,26 / \sqrt{([1,78 + 4,01] * 0,5)} = \mathbf{1,33}$

Conocido el valor del SAR corregido y viendo la tabla 22 se puede ver que **no presenta problemas de sodicidad**.

Carbonato sódico residual (índice de Eaton)

El índice de Eaton predice la acción degradante del agua sobre las plantas y suelo. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{C.S.R.} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

Por lo que el agua tiene una **C.S.R. = (0 + 4,10) - (3,43 + 4,01) = -3,34**

Mediante la tabla 23 se llega a la conclusión de que estas aguas son **recomendables**.

C.S.R. (meq/l)	Tipo de agua
<1,25	Recomendables
1,25 – 2,5	Poco recomendables
>2,5	No recomendables

Tabla 24. Criterio para caracterizar las aguas de riego (Urbano P., 1995).

9.3. Índice de Scott

Este índice (también llamado coeficiente alcalimétrico) evalúa la toxicidad que pueden producir las concentraciones de los cloruros y sulfatos, aportados al agua de riego y que permanecen en el suelo tras formar cloruro o sulfato de sodio.

Se calcula a partir del valor que alcanza la relación $[Na^+] - 0,65 [Cl^-]$, en donde los valores se expresan en mg/l.

$$\text{Índice de Scott} = 52 - 0,65(114) = -22,1$$

Con los valores menores que cero, se emplea un $K_1 = 2049 / [Cl^-]$

$$K_1 = 2049 / 114 = 17,97$$

Según Urbano Terrón, P. (1995) la clasificación de Stabler según tipos de aguas.

Tipos de agua según su K_1	
$K_1 \geq 18$	Agua buena: no es necesario tomar precauciones
$6 \leq K_1 < 18$	Agua tolerable: emplearla con precauciones
$1,2 \leq K_1 < 6$	Agua peligrosa: usar sólo en suelos con muy buenas condiciones de drenaje
$K_1 < 1,2$	Agua no utilizable

Tabla 25. Clasificación de Stabler para los distintos tipos de agua (Urbano P., 1995).

Finalmente se llega a la conclusión de que esta **agua es buena** ya que está cercano al valor de $K_1 \geq 18$ por lo que **no se tomará ninguna precaución en cuanto a su uso**.

9.4. Dureza

La dureza mide la capacidad de depositar carbonato cálcico y magnésico en el suelo, en tuberías y accesorios de riego. Se determina en función de los grados higrométricos franceses ($1^\circ F = 1g \text{ CaCO}_3 / l$). La fórmula para el cálculo de la dureza es:

$$^\circ F = ((2,5 [Ca^{2+}]) + (4,16 [Mg^{2+}])) / 10$$

Donde las concentraciones de calcio y magnesio se dan en mg/l.

$$\text{La dureza del agua de riego del proyecto es de } ^\circ F = (2,5[69] + 4,16[49]) / 10 = 37,63$$

Tipo de agua	Grados franceses
Muy dulce	<7
Dulce	7 – 14
Medianamente dulce	14 – 22
Medianamente dura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy dura	>54

Tabla 26. Clasificación de la dureza del agua en grados franceses.

Luego la dureza del agua de riego que se va a usar en el proyecto es un **agua dura** por lo que es aconsejable revisar de manera periódica todo el sistema de riego y accesorios para evitar posibles problemas (como puede ser obturaciones en las boquillas de los emisores).

9.5. Toxicidad iónica específica

La interpretación de los iones que se han encontrado en la muestra es imprescindible para poder saber si pueden causar problemas de fitotoxicidad en el cultivo.

Cloruros

El cloruro es quizás el anión más peligroso ya que en suelos calizos imposibilita que la planta pueda tomar fósforo y nitrógeno por lo que hay que tener cuidado con la concentración que hay en el agua de riego.

En la muestra hay un valor del anión cloruro expresado en meq/l de 3,21. Según la F.A.O. es a partir de un valor de 4 meq/l cuando empiezan a presentarse problemas si se aplica un riego por superficie. Como en este proyecto el riego va a ser por goteo **no va a haber problemas de cloruros**.

Magnesio

El magnesio puede provocar los mismos problemas de toxicidad que la sal común. En la muestra se obtuvo un valor de 4,01 meq/l y ya que es a partir de 10 meq/l cuando se presentan problemas derivados de un contenido alto en magnesio se puede decir que **no da problemas de magnesio**.

Sodio

El sodio es el elemento que presenta mayor abundancia en las aguas salinas y tiene un efecto peligroso tanto para el suelo (induce cambios en la estructura del suelo) como para la planta (por toxicidad del ión específico).

En la muestra analizada se ha obtenido un valor de S.A.R. corregido de 1,33 por lo que **no se tiene un problema grave de toxicidad por sodio**.

Boro

Aunque el boro en los cultivos de cítricos es considerado un problema y viendo que en el análisis del agua de riego, la muestra analizada no se ha obtenido ningún valor, se ha de esperar que no exista problemas de fitotoxicidad por boro.

9.6. Bicarbonatos y sulfatos

La tabla 26 informa de los problemas que se pueden presentar por precipitación de bicarbonatos que se pudiera dar en la red de riego.

HCO_3^- (meq/l)	Calificación
<1,5	Sin problemas
1,5 – 3,5	Problemas crecientes
>3,5	Problemas graves

Tabla 27. Calificación del grado de peligrosidad del agua en base al contenido de bicarbonatos.

Para bicarbonatos, la muestra analizada dio un valor de 4,10 meq/l por lo que en base a la tabla anterior se puede decir que es de prever que el agua utilizada para el riego **provoque problemas por exceso de bicarbonatos**.

Para los sulfatos hay que tener en cuenta que pueden dañar al sistema de riego ya que son corrosivos a elevadas concentraciones. Se ha estimado que el riesgo por corrosión oscila entre 300 – 400 mg/l. En la muestra de agua hay un valor de 86,40 mg/l por lo que se valora que el agua **no dará problemas por corrosión en las tuberías**.

9.7. Conclusión del análisis del agua

Como resumen para este apartado se hará una conclusión general de la calidad del agua que se va a emplear para el riego.

Por lo observado en la muestra del agua y reunidos todos los datos obtenidos a partir de los distintos índices y normas para la clasificación del agua, se ha llegado a la conclusión de que esta agua es **buena para el riego**, pudiendo ser utilizable en cualquier suelo y para el cultivo de cítricos sin dar ningún problema. El único problema que puede presentarse es el de exceso de bicarbonatos aunque se puede solventar con un buen diseño en el manejo del riego y la dureza del agua que se usa para regar nuestro cultivo que puede provocar obturaciones en el sistema de riego.

Anejo II
Diseño agronómico para el cubicaje de la balsa

ÍNDICE

1. Diseño agronómico	Página 47
1.1. Necesidades netas de riego (N_n)	Página 47
1.2. Necesidades totales de riego (N_t)	Página 50
1.3. Cálculo del diseño agronómico de la plantación de cítricos del proyecto	Página 51
2. Cálculo de la capacidad de la balsa	Página 53
3. Cálculo de la tasa de evaporación de la balsa	Página 54

1. Diseño agronómico

El diseño agronómico es fundamental a la hora de poder ubicar la balsa del proyecto en base a las necesidades que van a existir por parte de la plantación de naranjos de la finca agrícola.

1.1. Necesidades netas de riego (N_n)

Para el cálculo de las necesidades netas se impondrá que dichas necesidades equivalen a la evapotranspiración del cultivo (ET_c).

$$N_n = ET_c$$

A su vez, la evapotranspiración del cultivo se puede considerar como un valor dependiente de dos parámetros, el primero es la evapotranspiración de referencia (ET_o) y ese es un valor independiente del cultivo mientras que el otro parámetro, el coeficiente del cultivo (K_c), sí que es un valor dependiente del propio cultivo (para el proyecto se ha tomado una $K_c = 0,65$).

Para la realización de la siguiente tabla, se parte de la información de la ET_o , K_c , ET_c , la precipitación efectiva y finalmente el balance para saber qué volumen de agua total es necesario de cara a ubicar la balsa.

Para el cálculo de la precipitación efectiva se seguirá la recomendación de la FAO:

$$P_e = 0,6 \cdot P_t - 10 \quad (\text{si } P_t < 70 \text{ mm}) \quad \text{y} \quad P_e = 0,8 \cdot P_t - 24 \quad (\text{si } P_t > 70 \text{ mm}).$$

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ET_o (mm/mes)	43,4	61,6	105,4	135	170,5	186	201,5	179,8	138	93	51	40,3
K_c	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
ET_c (mm/mes)	28,2	40	68,5	87,7	110,8	120,9	131	116,9	89,7	60,4	33,1	26,2
Precipitación (mm/mes)	55,8	64,4	52,7	63	27,9	3	0	6,2	36	93	75	83,7
Precipitación efectiva (mm/mes)	23,5	28,6	21,6	27,8	6,74	0	0	0	11,6	50,4	36	43
Balance (mm/mes)	-4,7	-11,4	-46,9	-59,9	-104,1	-120,9	-131	-116,9	-78,1	-10	2,9	16,8
Reserva agua (mm/mes)	15	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9	19,7

Tabla 28. Balance anual del agua disponible.

Como se puede observar en la tabla 27 se ve que hay un balance negativo en el período comprendido entre enero y octubre (los recursos hídricos superan a las demandas de las zonas regables). Esto no es del todo cierto ya que hay que tener en

cuenta la reserva de agua que cuenta el suelo del balance del mes anterior, por lo que se usa la fórmula:

$$\text{Reserva agua} = \text{Balance mes} + \text{Balance mes anterior}$$

Con esta nueva fórmula, el periodo de riego está comprendido entre los meses de marzo a octubre.

Anteriormente, se ha escrito que la forma resumida del cálculo de las necesidades netas es equiparable a la evapotranspiración de cultivo. Sin embargo existe una fórmula más exacta para su cálculo en cultivos con riego por goteo.

$$N_n = ET_c \cdot K_L \cdot K_r \cdot K_a$$

K_L : Coeficiente corrector por la localización

K_r : Coeficiente corrector por variación climática

K_a : Coeficiente corrector por advección

Coeficiente corrector por localización (K_L)

Se basa en considerar la fracción de área sombreada por la planta con relación a la superficie del marco de plantación.

$$\text{Fracción de área sombreada} \rightarrow A = \frac{\text{área sombreada}}{\text{marco plantación}}$$

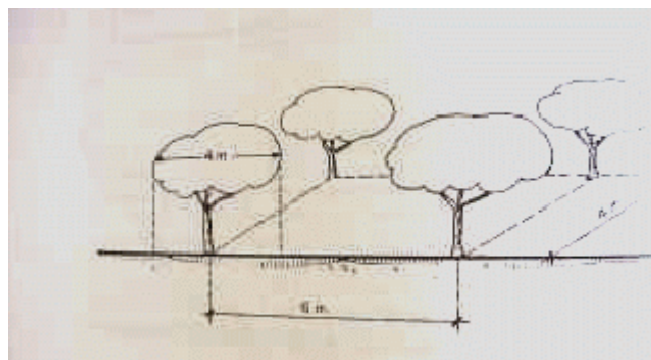


Figura 17. Marco de plantación del cultivo del proyecto.

Fuente: <http://legado.inea.org/web/materiales/web/riego/temas/tema9/tema9.htm>

El marco de plantación es 6 x 4 mientras que el área sombreada es función del diámetro de la copa (que para este caso es 4 metros).

$$\text{Área sombreada} = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 = 12,56 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{12,56 \text{ m}^2}{6 \times 4 \text{ m}^2} = 0,52$$

Aljiburi et al. $K_L = 1,34 \cdot A = 1,34 \cdot 0,52 = 0,7$

Decroix $K_L = 0,1 + A = 0,1 + 0,52 = 0,62$

Hoare et al. $K_L = A + 0,5(1-A) = 0,52 + 0,5 (1-0,52) = 0,76$

Séller $K_L = A + 0,15(1 - A) = 0,52 + 0,15 \cdot (1 - 0,52) = 0,59$

En la práctica se toma como valor de K_L la media de los valores intermedios una vez que se ha eliminado los valores extremos. Por tanto $K_L = \frac{0,7+0,62}{2} = 0,66$

Coefficiente corrector por variación climática (K_r)

Para el cálculo de este coeficiente, se puede estimar en un valor entre 1,15 y 1,20. Se elegirá un valor intermedio (1,17). Por tanto (K_r) = 1,17.

Coefficiente corrector por advección (K_a)

Tamaño de la plantación: 17,30 hectáreas.

Cultivo: naranjo.

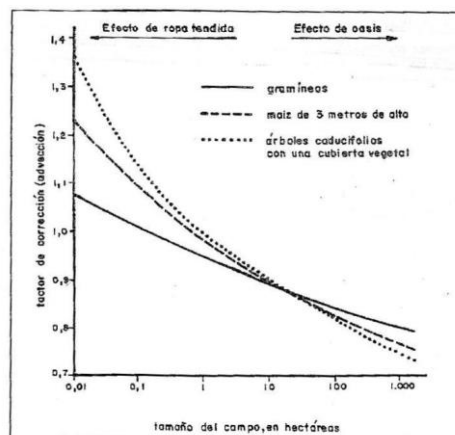


Figura 18. Gráfica que explica el coeficiente de corrección por advección.

El valor con estos parámetros según la figura anterior es de $k_a = 0,9$.

La tabla 28 muestra las necesidades netas de cada mes en función de los parámetros anteriormente citados.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETc (mm/mes)	28,2	40	68,5	87,7	110,8	120,9	131	116,9	89,7	60,4	33,1	26,2
K_L	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
K_r	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
K_a	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Nn (mm/mes)	19,6	27,8	47,6	60,9	77	84	91	81,2	62,3	42	23	18,2

Tabla 29. Balance anual de las necesidades netas.

1.2. Necesidades totales de riego (N_t)

Las necesidades totales son mayores que las netas, ya que es preciso aportar una cantidad para compensar las siguientes pérdidas: percolación profunda, salinidad y por uniformidad de riego. Su fórmula es:

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - K)CU}$$

$K = 1 - E_a$ (se toma un valor promedio de E_a en torno al 95%)

$K = R_L$ Se elige el valor más alto de K

N_t : Necesidades totales

N_n : Necesidades netas

E_a : Eficiencia de aplicación

R_L : Requerimientos de lavado

CU : Coeficiente de uniformidad

Por tanto, se procede a calcular la N_t .

$$R_L = \frac{CE_a}{2 \cdot \max CE_e}$$

R_L : Requerimientos por lixiviación, expresado en tanto por uno

CE_a : Conductividad eléctrica del agua de riego, expresado en dS/m

$\max CE_e$: Máxima conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, valor que se impone como objetivo a conseguir con el lavado, expresado en dS/m

Mediante la fórmula de Maas y Hoffman es posible calcular la CE_e en base a su CE_a :

$$P = 100 - b \cdot (CE_e - a)$$

Al ser naranjos, le corresponde un valor de $a = 1,7$ y $b = 15,9$ y el valor de $P = 0$.

$$\max CE_e = \frac{100 + 27,03}{15,9} = 8,0 \text{ (dS/m)}$$

$$R_L = \frac{CE_a}{2 \cdot \max CE_e} = \frac{1,04}{2 \cdot 8} = \mathbf{0,065}$$

Para evitar la salinización del suelo, hay que regar con un exceso del 6,5%.

Emisor	Emisores por planta	Topografía y pendiente (i)	CU
Goteros espaciados más de 1 m	Más de 3	Uniforme (i<2%)	0,90 – 0,95
		Uniforme (i>2%) u ondulada	0,85 – 0,90
	Menos de 3	Uniforme (i<2%)	0,85 – 0,90
		Uniforme (i>2%) u ondulada	0,80 – 0,90
Goteros espaciados menos de 1 m, mangueras y cintas de exudación		Uniforme (i<2%)	0,80 – 0,90
		Uniforme (i>2%) u ondulada	0,70 – 0,85
Difusores y microaspersores		Uniforme (i<2%)	0,90 – 0,95
		Uniforme (i>2%) u ondulada	0,85 – 0,90

Tabla 30. Los valores de coeficiente de uniformidad en zonas áridas.

Para el cálculo del coeficiente de uniformidad se ha obtenido de la tabla de los valores de coeficiente de uniformidad en zonas áridas por lo que teniendo 3 emisores por árbol y siendo la topografía del terreno menor del 2% se puede decir que existe un **coeficiente de uniformidad del 0,90**.

Por tanto, las necesidades totales de riego para cada mes son:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N_n (mm/mes)	19,6	27,8	47,6	60,9	77	84	91	81,2	62,3	42	23	18,2
K	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
CU	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
N_t (mm/mes)	23,29	33,04	56,57	72,37	91,50	99,82	108,14	96,49	96,7	49,91	27,33	21,63

Tabla 31. Balance anual de las necesidades totales.

1.3. Cálculo del diseño agronómico de la plantación de cítricos del proyecto

Una vez conocido los datos necesarios para hacer el diseño agronómico de la plantación de cítricos (naranjos) del proyecto se procede a hacer su cálculo.

- Necesidades totales de agua: Se ha cogido el mes con mayores necesidades.
 $N_t = 108,14 \text{ (mm/mes)} = 3,49 \text{ (mm/día)} \cdot \text{marco plantación } (6 \times 4 \text{ m}^2) = 83,76 \text{ (l/árbol-día)}$
- Profundidad de las raíces: 1,10 metros
- Marco de plantación: $6 \times 4 \text{ m}^2$
- Porcentaje de suelo mojado: 35%
- Caudal emisor: 4 (l/h)
- Intervalo entre riegos: 1 día (se planea regar diariamente)

Las pruebas de campo de emisor son las siguientes:

Tiempo (horas)	Caudal (litros)	Radio del bulbo (cm)	Profundidad del bulbo (cm)
1	4	40	30
2	8	62	52
3	12	84	72
4	16	108	97
5	20	124	108
6	24	139	128

Tabla 32. Pruebas de campo de emisor.

Superficie mojada por emisor

La profundidad del bulbo debe estar comprendida entre el 90% y el 120% de la profundidad de la raíz.

$$1,10 \cdot 0,90 = 0,99 \text{ m}$$

$$1,10 \cdot 1,20 = 1,32 \text{ m}$$

Por lo visto en las pruebas de campo, se observa que a una profundidad de 108 cm corresponde un radio mojado de 124 cm y un caudal de 20 litros en 5 horas.

$$\text{Por tanto, la superficie mojada por emisor} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (1,24 \text{ m})^2 = 4,83 \text{ m}^2$$

Número de emisores por árbol

$$\text{Superficie mojada por árbol} = \text{porcentaje suelo mojado} \times \text{marco plantación} = 35\% \cdot 6 \times 4 \text{ m}^2 = 8,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de emisores} = \frac{\text{Superficie mojada por el árbol}}{\text{Superficie mojada por el emisor}} = \frac{8,4}{4,83} = 1,74 \approx 2 \text{ emisores}$$

Elección de la cantidad de emisores y su caudal

Se fija el **intervalo de riego de 1 día** ya que se va a realizar a un **riego de alta frecuencia** y a continuación se procede a tantear distintas opciones con relación a la cantidad de emisores y su caudal correspondiente, siempre teniendo en cuenta que debe de aproximarse al bulbo húmedo de las pruebas anteriormente hechas.

$$83,76 \text{ litros} \approx 5 \text{ emisores} \cdot 20 \text{ litros/emisor}$$

$$83,76 \text{ litros} \approx 6 \text{ emisores} \cdot 16 \text{ litros/emisor}$$

$$83,76 \text{ litros} \approx 7 \text{ emisores} \cdot 12 \text{ litros/emisor}$$

Como se ha indicado anteriormente, la profundidad del bulbo debe de estar comprendida entre 0,99 y 1,32 metros por lo que la opción de 7 emisores con un caudal de 12 litros/emisor queda eliminada.

Con las otras dos opciones, se barajará la opción más acertada en base a la superficie mojada.

$$\text{Superficie mojada} = 5 \text{ emisores} \cdot \text{área emisor} = 5 \cdot \pi \cdot (1,24 \text{ m})^2 = 24,15 \text{ m}^2$$

$$\text{Porcentaje de superficie mojada} = \frac{\text{Superficie mojada}}{\text{Marco plantación}} = \frac{24,15}{6 \times 4} = 100,6\%$$

Esta opción (5 emisores · 20 litros/emisor) queda eliminada ya que está muy alejada del porcentaje de suelo mojado.

$$\text{Superficie mojada} = 6 \text{ emisores} \cdot \text{área emisor} = 6 \cdot \pi \cdot (1,08 \text{ m})^2 = 21,99 \text{ m}^2$$

$$\text{Porcentaje de superficie mojada} = \frac{21,99}{6 \times 4} = 91,62\%$$

La opción de 6 emisores x 16 litros/emisor es la opción elegida ya que aunque se sobrepasa en el porcentaje de superficie mojada, ésta es menor que la opción anterior.

$$\text{El tiempo de riego} = \frac{\text{Caudal total emisor}}{\text{Caudal por hora emisor}} = \frac{16}{4} = 4 \text{ horas}$$

2. Cálculo de la capacidad de la balsa

Para el cubicaje de la balsa, a efectos de simplificar los cálculos, se tendrá sólo en cuenta el mes más desfavorable (el mes que más agua se necesita para nuestro cultivo) y el intervalo de tiempo que hay entre dos recargas para llenar la balsa. Hay que indicar que posteriormente, para saber exactamente el volumen de la balsa a efectos del su diseño, se tendrá en consideración que existe un porcentaje de agua almacenada que se va a perder por evaporación.

Ya que cada árbol necesita 3,49 mm/día de agua y el marco de plantación es 6x4 m²

$$3,49 \frac{\text{mm}}{\text{día}} = 3,49 \frac{\text{litros}}{\text{metros cuadrados} \times \text{día}} \cdot 24 \text{ m}^2 = 83,76 \frac{\text{litros}}{\text{árbol} \times \text{día}}$$

Para saber el número de árboles se calcula dividiendo la superficie de nuestro cultivo entre el marco de plantación.

$$\text{Nº árboles} = \frac{\text{superficie cultivo}}{\text{marco de plantación}} = \frac{17,30 \text{ hectáreas}}{6 \times 4 \text{ metros cuadrados}} \approx 7.208 \text{ árboles}$$

A continuación, si relacionamos las necesidades de agua de cada árbol por el número de árboles se obtiene las necesidades diarias de agua que hay que suministrar a la plantación.

$$83,76 \frac{\text{litros}}{\text{árbol} \times \text{día}} \cdot 7.208 \text{ árboles} \approx 60.3742 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Interpolando las necesidades de agua diarias con el número de días que tiene el mes de Julio (31 días) se llega al valor total de agua necesaria que hace falta.

$$60.3742 \frac{\text{litros}}{\text{día}} \cdot 31 \text{ días} = 18.716 \text{ m}^3$$

El valor calculado anteriormente de 18.716 m³ es el valor necesario de agua. Como la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir nos suministra agua cada 5 días se puede rebajar ese volumen en tantas partes como veces se pueda recargar a lo largo del mes el embalse (en este caso son 6 veces).

$$18.716 \text{ m}^3 \cdot \frac{1}{6 \text{ veces}} \approx 3.119 \text{ m}^3$$

Por tanto, el **volumen de agua que va a tener el embalse** una vez realizado los cálculos es de **3.119 metros cúbicos**.

3. Cálculo de la tasa de evaporación de la balsa

Una vez calculado el volumen de agua que se va a necesitar para nuestra plantación, hay que añadir un volumen extra de agua por las pérdidas ocasionadas por la evaporación que en la balsa se producirá. Para ello se va a tener en cuenta el mes más desfavorable, es decir, el mes en el que habrá una mayor pérdida. Una vez calculada la cantidad de agua evaporada, se le sumará a los 3.119 metros cúbicos y se obtendrá el volumen total de agua para poder cubicar la balsa.

Para el cálculo de las pérdidas por evaporación se va a partir de la fórmula de Turc:

$$RH \leq 50\% \quad E_{TV} = 0,013 \left(\frac{T_a}{15 + T_a} \right) (2,065S + 50) \left(1 + \frac{50 - RH}{70} \right)$$

$$RH > 50\% \quad E_{TV} = 0,013 \left(\frac{T_a}{15 + T_a} \right) (2,065S + 50)$$

Donde RH es la humedad relativa, T_a es la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y S es la radiación solar (W/m^2):

A continuación se procederá a los cálculos del volumen evaporado de agua para los 3.119 metros cúbicos. Las dimensiones de nuestra balsa son:

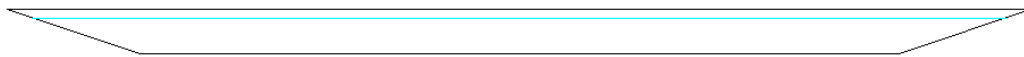


Figura 19. Perfil de la balsa sin escalas.

La línea azul representa el nivel del agua para un volumen de 3.119 m^3 . La altura a la que está el nivel del agua es a 1,74 m desde la base de la balsa. El área de contacto del agua con el exterior es de $2.258,15 \text{ m}^2$ (el área es completamente cuadrada).

Siendo el mes más desfavorable Julio con una $RH = 52,3\%$, hay que usar la fórmula:

$$RH > 50\% \quad E_{TV} = 0,013 \left(\frac{T_a}{15 + T_a} \right) (2,065S + 50)$$

La T_a y S se elegirá la media de las temperaturas y radiación solar para el mes de Julio por lo que la $T_a = 26,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y la $S = 0,33 \text{ W}/\text{m}^2$.

Una vez que se tiene todo los datos, se calcula la $E_{TV} = 0,419 \text{ mm}/\text{día}$.

Como $0,419 \text{ mm}/\text{día} = 0,419 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$, se puede calcular el volumen de agua que se pierde en la balsa partiendo de la superficie de contacto del agua con el exterior y de

los días entre recarga de la balsa. La superficie de contacto de la balsa es de 2.258,15 metros cuadrados, y los días que hay entre recarga y recarga son 5 días.

$$0,419 \frac{l}{m^2 \cdot día} \cdot 2.258,15 m^2 \cdot 5 \text{ días} = 4.730,82 \text{ litros} = 4,73 m^3$$

Por tanto, hay unas pérdidas por evaporación de **4,73 m³**.

Finalmente, hay que sumar estas pérdidas al volumen de agua que se necesitaba:

$$3.119 m^3 + 4,73 m^3 = 3.123,73 m^3$$

Finalmente harán falta unos **3.123,73 m³**.

Ya que según la fórmula anteriormente usada para mayorar las pérdidas de evaporación da un resultado muy bajo, se va a mayorar a un 12% según lo indicado en el libro "CNEGP-SPANCOLD (2010)".

$$\text{Pérdidas por evaporación} = 3.119 \cdot 12\% = \mathbf{374,3 m^3}.$$

$$\text{Volumen de la balsa} = 3.119 m^3 + 374,3 m^3 = \mathbf{3.493,30 m^3}$$

Por tanto, el **volumen total de la balsa** que se va a tener en cuenta es de **3.500 m³**.

Anejo III
Estudios de carácter hidráulico

ÍNDICE

1. Dispositivos de entrada de agua	Página 59
1.1. Cálculo hidráulico de la conducción cerrada	Página 59
1.2. Cálculo de la altura óptima y caudal óptimo referido a la bomba hidráulica	Página 62
1.3. Cálculo de la cavitación	Página 63
1.4. Cálculo del golpe de ariete	Página 65
2. Aliviaderos	Página 68
2.1. Cálculo del aliviadero	Página 69
3. Dispositivos de salida de agua	Página 70
3.1. Desagües de fondo	Página 70
3.1.1. Determinación del caudal de desagüe	Página 70
3.1.2. Tiempo de vaciado de la balsa	Página 72
4. Elementos auxiliares	Página 73
4.1. Elementos previos a la entrada de agua	Página 73
4.2. Caseta de control	Página 75
4.3. Dispositivos de control de caudales y piezas especiales	Página 75
4.4. Motobomba para alimentar la instalación de riego	Página 79
4.4.1. Caudal aportado por la motobomba	Página 80
4.4.2. Presión aportada por la motobomba	Página 81
4.4.3. Cavitación	Página 82

1. Dispositivos de entrada de agua

La entrada de agua hacia la balsa debe de estar diseñada para no ocasionar ningún daño sobre los materiales usado en la balsa o sobre la propia balsa. La balsa estará impermeabilizada mediante geomembrana y geotextil y la entrada se hará por la coronación mediante un vertido directo ayudado por una tubería en pico de flauta.

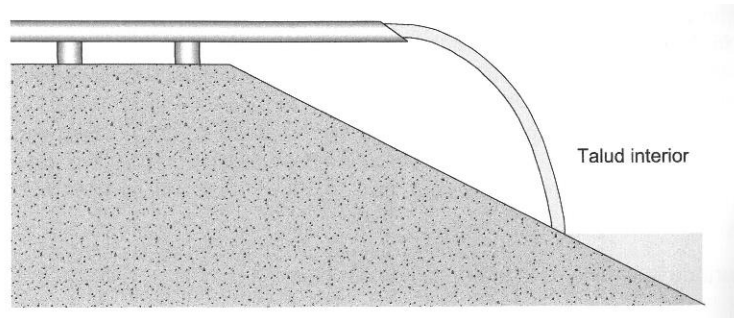


Figura 20. Vertido mediante tubería en altura sobre el talud.

Fuente: Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.

Teniendo en cuenta que la velocidad de salida debe ser aproximadamente de 1,25 m/s para que el impacto del chorro sobre la geomembrana y el geotextil no produzca ningún problema.

1.1. Cálculo hidráulico de la conducción cerrada

En el cálculo hidráulico se va a partir de la figura 21 que muestra la longitud que va a tener la conducción y la topografía del terreno.

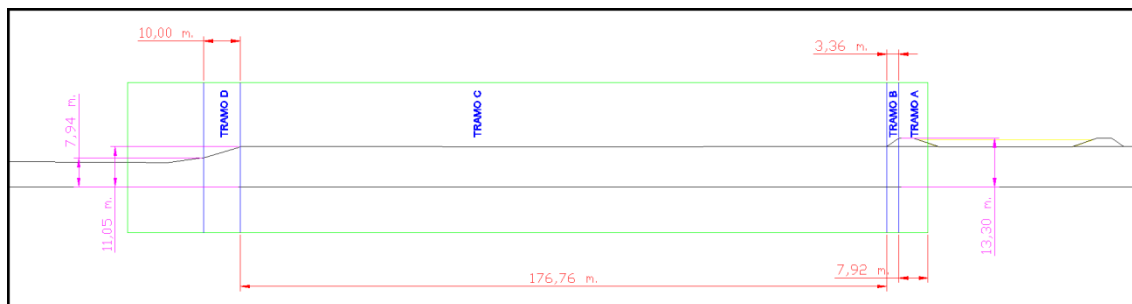


Figura 21. Perfil longitudinal del terreno.

La conducción irá a ras de suelo. La velocidad del agua será en teoría de 1,25 m/s (dependiendo del diámetro que finalmente se use cuando se calcule todos los resultados), en su salida tendrá una presión de 0 atm y el caudal de salida es de 175 m³/h (idem de lo anterior). Para facilitar la posterior compra, se va a normalizar la tubería en una de polietileno de alta densidad (PEAD) con un diámetro comercial de 250 mm, un espesor de 9,6 mm y un timbraje de 6 atm.

d			MPa (6 atm.)		
mm	e (mm)	L*	e (mm)	L*	
125	4,8	13			
140	5,4	13			
160	6,2	13			
180	6,9	13			
200	7,7	13			
225	8,6	13			
250	9,6	13			

d			MPa (6 atm.)		
mm	e (mm)	L*	e (mm)	L*	
25	2,0	100			
32	2,4	100			
40	3,0	100			
50	3,8	100			
63	4,5	50			
75	5,4	50			
90	6,6	13			
110	7,4	13			
125	8,3	13			
140	9,5	13			
160	10,7	13			
180	11,9	13			
200	13,4	13			
225	14,8	13			
250	16,6	13			
280	18,7	13			
315	21,1	13			
355	23,7	13			
400	26,7	13			
450	29,7	13			
500	33,2	13			
630	37,4	13			

d			MPa (4 atm.)		
mm	e (mm)	L*	e (mm)	L*	
25	2,3	100			
32	3,0	100			
40	3,7	100			
50	4,6	100			
63	5,8	100			
75	6,8	50			
90	8,2	50			
110	10,0	13			
125	11,4	13			
140	12,7	13			
160	14,6	13			
180	16,4	13			
200	18,2	13			
225	20,5	13			
250	22,7	13			
280	25,4	13			
315	28,6	13			
355	32,2	13			
400	36,3	13			
450	40,9	13			

d			MPa (6 atm.)		
mm	e (mm)	L*	e (mm)	L*	
125	4,8	13			
140	5,4	13			
160	6,2	13			
180	6,9	13			
200	7,7	13			
225	8,6	13			
250	9,6	13			
280	10,7	13			
315	12,1	13			
355	13,6	13			
400	15,3	13			
450	17,2	13			
500	19,1	13			
560	21,4	13			
630	24,1	13			

Tabla 33. Diámetros de las tuberías PEAD.

Fuente: <http://www.fundicionductilmolina.com/CFEC/tuberiadepoli-etileno.htm>

Para el cálculo de las pérdidas de carga que va a tener la instalación se usará la fórmula de Hazen-Williams cuya C=150 al ser una tubería de polietileno de alta densidad con un diámetro de 250 mm.

$$h_r = 10,7 \cdot \frac{L \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Además del cálculo de pérdidas propia de la instalación, hay que calcular las pérdidas de carga singulares. En la instalación se va a usar principalmente los siguientes elementos:

- 3 codos de 45° L_e = 4 m
- 4 codos de 90° L_e = 15 m
- 1 filtro modelo FMY8 h_s = 1,75 mca
- 1 reducción L_e = 5 m
- 1 contador volumétrico h_s = 0,1 mca
- 1 ensanche L_e = 8 m
- 1 válvula L_e = 3,25 m



Figura 22. Vista frontal de la ubicación de los elementos empleados en la instalación.

Las longitudes equivalentes de los elementos que se van a usar se ha obtenido gracias al nomograma para la determinación de pérdidas de carga localizadas, usando un diámetro de tubería de 250 mm. Para el cálculo de las pérdidas singulares tanto del filtro como del contador ha sido el fabricante quien la facilitó.

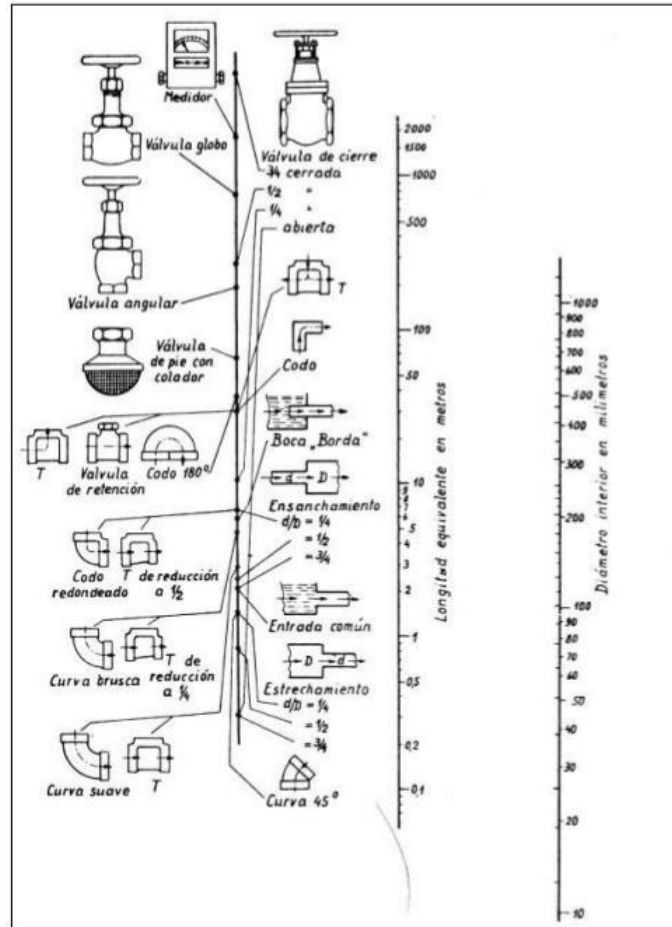


Figura 23. Nomograma de pérdidas de carga.

$$h_t = h_r + h_s = 1,35 + 1,85 = 3,20 \text{ mca}$$

$$h_r = 10,7 \cdot \frac{286,29 \cdot \left(\frac{7}{144}\right)^{1,85}}{150^{1,85} \cdot 0,2308^{4,87}} = 1,35 \text{ mca}$$

$$\text{Longitud de la instalación} = 198,04 \text{ m}$$

$$\sum L_e = 3(4) + 4(15) + 5 + 8 + 3,25 = 88,25 \text{ m}$$

$$L_t = L + \sum L_e = 198,04 + 88,25 = 286,29 \text{ m}$$

$$h_s = 0,1 + 1,75 = 1,85 \text{ mca}$$

Para la fórmula del cálculo de presión que va a haber al inicio de la conducción se usa la fórmula:

$$\frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{v_B^2}{2g} = \frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{v_A^2}{2g} + h_{r_{BA}}$$

Por lo que sustituyendo;

$$\frac{P_B}{\gamma} + 0 + \frac{v_B^2}{2g} = 0 + 4,75 + \frac{v_A^2}{2g} + 3,20 \rightarrow \frac{P_B}{\gamma} = 7,95 \text{ mca}$$

Se puede ver que cumple con nuestro timbraje ya que se puede inyectar una presión en las tuberías hasta 60 mca.

1.2. Cálculo de la altura óptima y caudal óptimo referido a la bomba hidráulica

Para el siguiente epígrafe hay que usar las ecuaciones características tanto de la instalación como de la bomba hidráulica para conocer la altura y caudal óptimo.

Ecuación característica de la instalación

$$H = H_g + K \cdot Q^2 = 4,75 + 1,045 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

$$h_r = K \cdot Q^2 \rightarrow K = h_r / Q^2 = 3,20 / 175^2 = 1,045 \cdot 10^{-4}$$

Ecuación característica de la bomba hidráulica (CRB 1500 2850 rpm)

Tipo Type	HP	KW	R.P.M	“A” 230 V 400 V		Altura m.c.a. / Height w.c.m.										Ø ASP.	Ø IMP.
						6	8	10	12	14	16	18	20	22			
				Caudal m³/h / Flow m³/h													
CRB 300	3	2,2	2.850	9	5,2	61	54	51	46	35	29				DN 80	DN 80	
CRB 400	4	3	2.850	12	6,9	70	64	59	55	49	42	30			DN 80	DN 80	
CRB 550	5,5	4	2.850	16,5	9,5	95	90	84	77	66	54	32			DN 125	DN 100	
CRB 551	5,5	4	2.850	16,5	9,5	128	121	107	90	69	30				DN 125	DN 100	
CRB 750	7,5	5,5	2.850	21,7	12,5	159	152	135	125	109	88	60			DN 125	DN 100	
CRB 1000	10	7,5	2.850	-	15,5	175	166	158	147	135	119	98	68		DN 125	DN 125	
CRB 1250	12,5	9,2	2.850	-	19	195	188	175	163	150	136	105	86		DN 125	DN 125	
CRB 1500	15	11	2.850	-	23	200	197	193	183	170	155	132	110	87	DN 125	DN 125	

Tabla 34. Características de la bomba elegida.

$$Q_1 = 200 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_1 = 6 \text{ m}$$

$$Q_2 = 87 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_2 = 22 \text{ m}$$

$$H = a + c \cdot Q^2 = 25,73 - 4,93 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

$$\text{Altura óptima y caudal óptimo} \rightarrow H = 8,53 \text{ mca} \quad Q = 186,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si se recalcula las pérdidas de carga debidas al nuevo caudal, se obtiene unas pérdidas totales de 3,51 mca pero esto no imposibilita ni cambia el caudal ni la altura óptima ya que salen unos valores muy aproximados (3,32 mca).

$$h_r = 10,7 \cdot \frac{311,29 \cdot (0,0519)^{1,85}}{150^{1,85} \cdot 0,2308^{4,87}} = 1,66 \text{ mca}$$

$$h_t = 1,66 + 1,85 = 3,51 \text{ mca}$$

1.3. Cálculo de la cavitación

Para calcular la cavitación hay que tener en cuenta las siguientes fórmulas:

$$NPSH_d = NPSH_r + 18\% \cdot NPSH_{rmax}$$

$$NPSH_d = \frac{P_{atm}}{\gamma} - h_a - h_f - \frac{P_{vapor}}{\gamma}$$

$\frac{P_{atm}}{\gamma}$: Presión atmosférica en mca

h_a : Altura de cavitación

h_f : Pérdidas de carga

$\frac{P_{vapor}}{\gamma}$: Presión vapor de agua en mca

Antes de mostrarse los cálculos hay que reseñar que la bomba elegida tiene un diámetro de tubos de 125 mm, por lo que después de salir de la bomba se va a poner un ensanche hasta alcanzar un diámetro de tubería de 250 mm para poder tener menores pérdidas de carga en la instalación en general (aunque para los cálculos de la cavitación no hará falta saber).

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = \frac{101325 \text{ Pa}}{9770,06 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 10,37 \text{ mca}$$

$$\gamma = \rho \cdot g = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 9.770,06 \text{ kg/m}^2\text{s}^2$$

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3 \text{ (la temperatura del agua se ha estimado en unos } 25^\circ\text{C)}$$

h_f = pérdidas de carga en mca

$$\frac{P_{vapor}}{\gamma} = \frac{3170 \text{ Pa}}{9770,06 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,32 \text{ mca}$$

Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m³)	Módulo elasticidad K · 10 ⁻⁹ (N/m²)	Viscosidad dinámica μ · 10 ³ (N·s/m²)	Viscosidad cinemática ν · 10 ⁶ (m²/s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión de vapor p _v kPa
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

Tabla 35. Propiedades físicas del agua a 1 bar.

Fuente: http://ocw.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_12.htm/images/pic074.jpg

$$NPSH_d = 1 + 0,18 = 1,18 \text{ mca}$$

Al haberse elegido un caudal de $186,77 \text{ m}^3/\text{h}$ y viendo la siguiente gráfica del NPSH_r de la bomba elegida (CRB 1.500 2.850 rpm) resulta que da un valor de 0,80 metros.

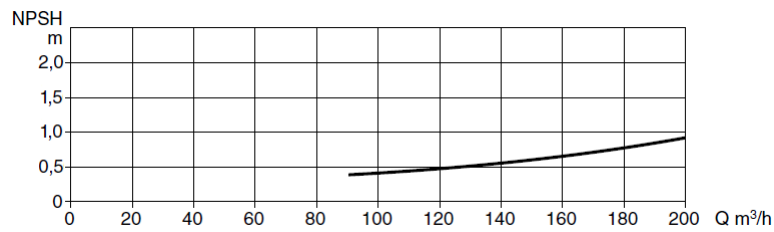


Figura 24. NPSHr de la bomba CRB 1500 2850 rpm.

$$h_f = 10,7 \cdot \frac{(L + 5,10h_a) \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Con respecto a la fórmula general de Hazen-Williams hay una ligera modificación respecto a la longitud y es debido a que en la instalación, la tubería que va a comunicar la bomba hidráulica con el agua del río va a ir paralelo a la topografía del terreno, eso quiere decir que estará inclinado con respecto a la horizontal (ver figura 25).

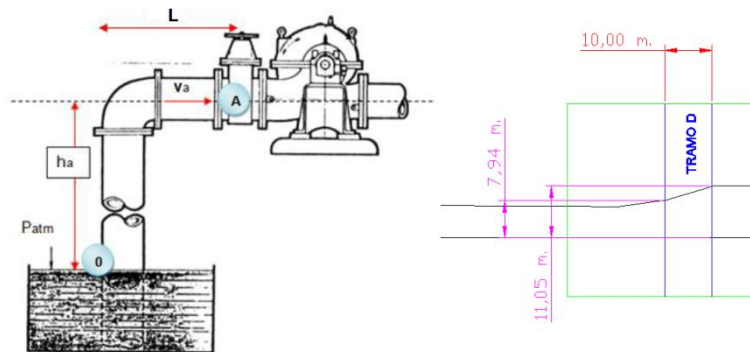


Figura 25. Modelo representativo de la cavitación en la imagen izquierda y el tramo D del perfil de nuestra instalación en la derecha.

Fuente: <http://www2.udec.cl/~josefcastillo/informe-final.pdf>

Para calcular cuánto aumenta la hipotenusa X con respecto a ha en la pendiente inclinada se ha hecho una relación como se puede ver en la figura 26. Dicha relación da

$$\text{un valor de } X = 5,10 h_a \rightarrow (X = \sqrt{h_a^2 + 5h_a^2})$$

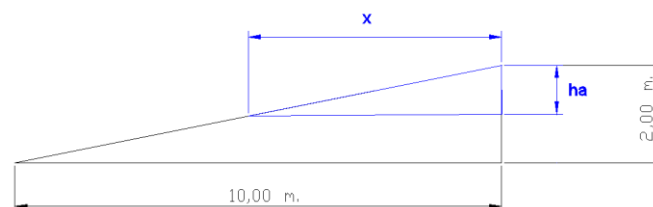


Figura 26. Relación de cuánto aumenta X respecto de ha.

La longitud que va a haber desde el borde del río hasta la bomba va a ser de unos 25 metros.

$$h_f = 10,7 \cdot \frac{(64 + 5,10h_a) \cdot 0,0519^{1,85}}{150^{1,85} \cdot 0,2308^{4,87}} = 0,342 + 0,027 h_a$$

$$L_t = 25 + 4 + 2(15) + 5 = 64 \text{ m}$$

$$NPSH_d = 10,37 - h_a - 0,342 - 0,027h_a - 0,32 - 1,75 - 1 = 6,958 - 1,027h_a$$

$$NPSH_d = 0,80 + 0,18 = 0,98 \text{ mca}$$

$$0,98 = 6,958 - 1,027h_a \rightarrow h_a = 5,82 \text{ mca}$$

La **altura de cavitación es de 5,82 mca**, esto quiere decir que una altura mayor que la calculada provocaría una cavitación.

1.4. Cálculo del golpe de ariete

El golpe de ariete es un problema que presenta muchas instalaciones por un mal diseño. Este fenómeno provoca destrozos en la propia instalación como se puede ver en la siguiente fotografía.

En este proyecto se van a poner dos válvulas de cierre, una antes de la bomba y otra en la corona del talud de la balsa.



Figura 27. Golpe de ariete.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Golpe_de_ariete

Para conocer el golpe de ariete se tiene que seguir los siguientes pasos.

Tiempo de parada

El tiempo de parada viene expresado por la fórmula:

$$T_p = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

T_p : Tiempo de parada en segundos

C: Coeficiente según la pendiente de la conducción

K: Valor que depende de la conducción

L: Longitud real de la conducción (m)

v: Velocidad del agua en la conducción (m/s)

g: Constante de la gravedad (9,8 m/s²)

H_m: Altura manométrica (m)

La longitud del tramo que va a estar afectado por el golpe de ariete se calcula midiendo la distancia que hay desde donde se pone la bomba hidráulica hasta donde sale el agua. Esa longitud corresponde a unos 165 metros aproximadamente.

C = 1 (puesto que la pendiente es menor del 20%)

K = 2 (la longitud de la conducción es menor a 500 m)

v = 1,24 m/s

H_m = 8,53 mca es la presión que se alcanza en la salida de la bomba según lo calculado en la elección de la bomba.

$$T_p = 1 + \frac{2 \cdot 165 \cdot 1,24}{9,81 \cdot 8,53} = 5,89 \text{ s}$$

El tiempo de parada es de 5,89 segundos.

Celeridad

La celeridad para tuberías de PEAD viene descrita por la fórmula:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{\frac{11111}{P} - 62,81}}$$

Donde P es la presión de trabajo (con un valor de 6 kg/cm² para nuestra instalación).

$$a = \frac{9900}{\sqrt{\frac{11111}{6} - 62,81}} = 234,06 \text{ m/s}$$

La celeridad tiene un valor de 234,06 m/s

Longitud crítica

Para el cálculo de la longitud crítica se usa la siguiente fórmula:

$$L_c = a \cdot \frac{T_p}{2}$$

a: Celeridad

T_p : Tiempo de parada

$$L_c = 234,06 \cdot \frac{5,89}{2} = 689,32 \text{ m}$$

La longitud crítica tiene un valor de 689,32 metros.

Al ser la longitud crítica mayor que la longitud real, se usa la fórmula de Michaud para calcular el incremento de presión por golpe de ariete.

Incremento de presión por golpe de ariete

El golpe de ariete, como anteriormente se ha comentado, se realiza mediante la fórmula de Michaud que es:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T_p}$$

ΔH : Incremento de presión en mca

L: Longitud de la conducción en metros

v: Velocidad del agua en la instalación en m/s

g: Constante de la gravedad (9,8 m/s²)

T_p : Tiempo de parada en segundos

$$\Delta H = \frac{2 \cdot 165 \cdot 1,24}{9,81 \cdot 5,89} = 7,08 \text{ mca}$$

El incremento por golpe de ariete asciende a 7,08 mca.

Conclusión

Para finalizar los cálculos que se han estado haciendo en base a saber qué incremento de golpe de ariete existía con tal de poder poner remedio a este problema, se dispone de la figura 28 que explica lo siguiente.

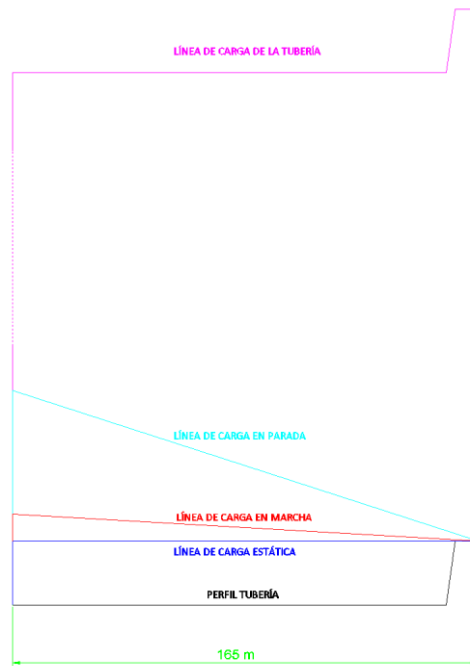


Figura 28. Líneas de energía.

En la figura 28 a modo ilustrativo se observa que la línea de carga de la tubería que se va a instalar está muy por encima de la línea de carga en parada. Esto es debido a que al elegir un diámetro bastante grande (de 250 mm) venía aparejado en las tuberías de PEAD un timbraje alto (de 6 atm) por lo que no va a haber ningún problema por golpe de ariete en la instalación.

2. Aliviaderos

La función de los aliviaderos es la de eliminar el agua sobrante para que no llegue a nivel de la coronación y provoque un riesgo de desbordamiento. El aliviadero debe ser capaz de evacuar el caudal máximo proporcionado por la entrada de agua más un volumen proveniente de un aguacero (para un retorno de 500 años). Para saber la precipitación proveniente de un aguacero para un retorno de 500 años según Santamaría, A. y Parrilla, A. (1999). Para su cálculo se ha usado un mapa de isoclinas y que en el municipio de Alcalá del Río da los siguientes resultados (Precipitación = 54 mm/día y $C_u = 0,36$). Para un período de 500 años y gracias al C_u se saca un factor $K_{500} = 2,892$. Finalmente mediante el siguiente cálculo se saca la precipitación máxima para un período de 500 años.

$$P_{500} = K_{500} \cdot P$$

$$P_{500} = 2,892 \cdot 54 = 156,17 \text{ mm/día}$$

2.1. Cálculo del aliviadero

Para el cálculo del aliviadero mediante canal en superficie se usará la fórmula del libro CNEGP-SPANCOLD (2010).

$$b = \frac{Q_e}{1,7 (h^{\frac{3}{2}} - (P_{24}^{500})^{\frac{3}{2}})}$$

b: Anchura del aliviadero (m)

h: Calado del aliviadero (m)

P_{24}^{500} : Precipitación máxima para un período de 500 años (m)

Q_e : Caudal de entrada (m^3/s)

Para poder optar a un valor de calado y anchura óptimo hay que jugar con unos valores para elegir la mejor opción. Siendo el caudal de entrada de $186,77 m^3/h$ y la P_{24}^{500} de $156,17 mm/día$.

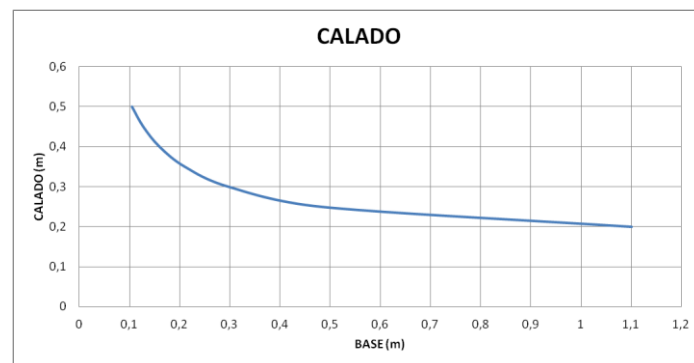


Figura 29. Gráfica que relaciona el calado con la base del aliviadero.

En la figura 29 se puede observar que los valores que se van a elegir para diseñar el aliviadero son de un **calado de 0,20 metros y una base de 1,20 metros**. Con estas dimensiones se recalcula cuánta agua es capaz de aliviar.

Caudal máximo de alivio $\rightarrow Q = 1,7 \cdot b \cdot h^{3/2} = 1,7 \cdot 1,20 \cdot 0,20^{3/2} = 0,182 m^3/s = 656 m^3/h$

Caudal de entrada = $200 m^3/h$

Caudal procedente de la máxima lluvia sobre la superficie de la balsa $\rightarrow Q = 1,7 \cdot b \cdot P_{24}^{500 3/2} = 1,7 \cdot 1,20 \cdot 0,15617^{3/2} = 0,126 m^3/s = 453,24 m^3/h$

Suma de caudales $\rightarrow Q = Q_e + Q_p$; $Q = 186,77 + 453,24 = 640,01 m^3/h < 656 m^3/h$

Por tanto, las dimensiones del aliviadero cumplen con lo especificado en la fórmula anterior.

3. Dispositivos de salida de agua

3.1. Desagües de fondo

El desagüe de fondo debe dimensionarse para que el tiempo máximo de vaciado de la balsa, en caso de avería o por razones de mantenimiento, sea razonable. En la práctica este tiempo se fija, dependiendo del volumen de agua almacenado en el vaso, entre 1 y 2 días.

3.1.1. Determinación del caudal de desagüe

Para el cálculo del caudal de desagüe hay que partir de Bernoulli entre el punto 1 y 2 como se ve en la figura 30.

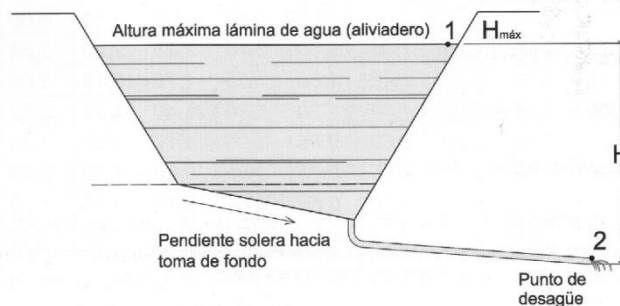


Figura 30. Esquema del desagüe de fondo de una balsa.

Fuente: Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas.

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_r$$

$$Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_r$$

Donde h_r son las pérdidas de carga totales (las localizadas más la de la propia tubería).

Para el cálculo de las pérdidas de carga se volverá a usar la fórmula de Hazen-Williams en el que la longitud será la de la instalación más el sumatorio de la longitud equivalente de cada elemento que se irá en la instalación y que va a ser un grifo cuya longitud equivalente es de 27 metros (según el nomograma) y un codo de 90° cuya longitud equivalente es de 4 metros. La longitud de la instalación es de 201,95 metros.

$$h_r = 10,7 \cdot \frac{L_t \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

L_t : Longitud de la instalación + $\sum L_e = 201,95 + 27 + 4 = 232,95$ m

Q: Caudal en m³/s

C: Coeficiente según la pendiente de la conducción (150)

D: Diámetro de la tubería (comercial = 250 mm; interior = 230,8 mm)

$$h_r = 10,7 \cdot \frac{232,95 \cdot Q^{1,85}}{150^{1,85} \cdot 0,2308^{4,87}} = 277,025 \cdot Q^{1,85}$$

Igualmente para pasar la otra parte del sumando ($\frac{v^2}{2g}$) a caudal (Q) hay que

$$\text{transformar } Q = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot v \rightarrow v = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 0,2308^2}$$

Por tanto, la fórmula $Z_1 = \frac{v^2}{2g} + h_r$ pasa a $Z_1 = 29,143 \cdot Q^2 + 277,025 \cdot Q^{1,85}$ donde Z_1 es la altura de la lámina de agua.

Hay que tener en cuenta que la lámina de agua no alcanzará la máxima altura de la balsa puesto que se ha puesto un aliviadero con un calado de 20 centímetros. A su vez hay que reseñar que para que toda el agua de la balsa teórica sea descargada se va a excavar una superficie con la superficie del vaso del embalse a una profundidad de un metro aproximadamente ya que la tubería del desagüe va sobresalir 1 metro para que no entre los lodos en la instalación. Aunque se haya añadido este volumen de agua en el embalse, para el cómputo total no se tendrá en cuenta ya que esa agua estará mansa (no podrá salir del embalse).

Una vez que se ha relacionado la altura de la lámina de agua con el caudal mediante la anterior fórmula $Z_1 = 29,143 \cdot Q^2 + 277,025 \cdot Q^{1,85}$ se pasa a realizar una tabla para saber qué caudal va a existir en cada altura.

COTA (M)	Q (M3/S)	Q (M3/H)
4,55	0,113	406,8
4,5	0,113	406,8
4,3	0,11	396
4,1	0,107	385,2
3,9	0,104	374,4
3,7	0,101	363,6
3,5	0,098	352,8
3,3	0,095	342
3,1	0,092	331,2
2,9	0,089	320,4
2,7	0,085	306
2,6	0,084	302,4

Tabla 36. Tabla que relaciona la altura de la lámina de agua con el caudal.

La altura máxima de la cota (4,55 m) corresponde a la altura que hay desde la parte más baja de la tubería del desagüe, es decir, la cota donde el agua va a parar en el río. Igualmente se queda en un valor de 2,6 m puesto que la altura de la balsa de agua es de 1,95 m (una vez eliminado los 20 cm del aliviadero).

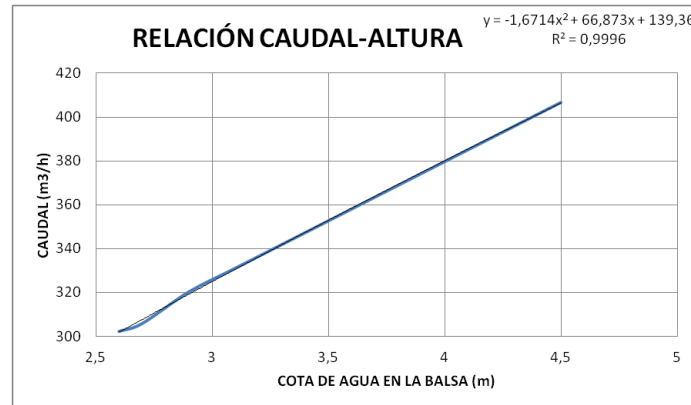


Figura 31. Gráfica que relaciona el caudal con la altura de la lámina de agua.

3.1.2. Tiempo de vaciado de la balsa

Las variables que intervienen en el proceso de vaciado de la balsa son la capacidad del desagüe y la curva característica de la balsa (relación altura del agua-volumen). La curva característica de la balsa queda representada en la figura 32.

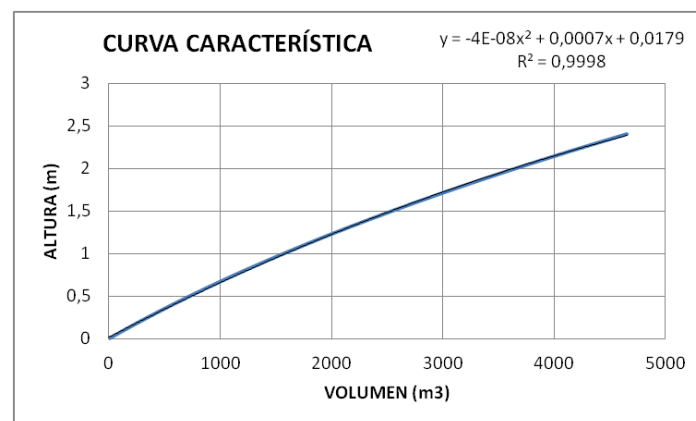


Figura 32. Gráfica que relaciona el volumen del embalse con la altura.

Para calcular el tiempo de vaciado de la balsa se asume que en el instante inicial se encuentra a su nivel máximo (cota del labio del aliviadero), y que el desagüe de fondo se mantiene abierto al máximo durante todo el proceso.

A medida que se va evacuando agua, el volumen almacenado en la balsa va disminuyendo, así como la altura de agua en la misma. Esto quiere decir que el caudal que sale por el desagüe varía con el tiempo. Para conocer con exactitud la evolución del nivel de agua a lo largo del proceso de vaciado se utiliza una simplificación que consiste en “discretizar” el cálculo. Es decir, se selecciona un intervalo de tiempo, y se hace un cálculo paso a paso como se puede observar en la tabla 36.

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

TIEMPO INICIAL (H)	TIEMPO INICIAL (H)	TIEMPO FINAL (H)	COTA INICIAL (M)	VOLUMEN INICIAL (M3)	CAUDAL VERTIDO (M3/H)	VOLUMEN VERTIDO (M3)	VOLUMEN FINAL (M3)	COTA FINAL (M)
0	0	0,5	2,200	4656,246	406,80	203,400	4452,846	1,664
0,5	0,5	1	1,664	4452,846	374,40	187,200	4265,646	1,579
1	1	1,5	1,579	4265,646	374,40	187,200	4078,446	1,492
1,5	1,5	2	1,492	4078,446	369,00	184,500	3893,946	1,403
2	2	2,5	1,403	3893,946	363,60	181,800	3712,146	1,313
2,5	2,5	3	1,313	3712,146	358,20	179,100	3533,046	1,222
3	3	3,5	1,222	3533,046	352,80	176,400	3356,646	1,129
3,5	3,5	4	1,129	3356,646	347,40	173,700	3182,946	1,036
4	4	4,5	1,036	3182,946	342,00	171,000	3011,946	0,941
4,5	4,5	5	0,941	3011,946	339,00	169,500	2842,446	0,845
5	5	5,5	0,845	2842,446	333,00	166,500	2675,946	0,749
5,5	5,5	6	0,749	2675,946	328,00	164,000	2511,946	0,652
6	6	6,5	0,652	2511,946	325,00	162,500	2349,446	0,553
6,5	6,5	7	0,553	2349,446	323,00	161,500	2187,946	0,453
7	7	7,5	0,453	2187,946	312,00	156,000	2031,946	0,355
7,5	7,5	8	0,355	2031,946	305,00	152,500	1879,446	0,257
8	8	8,5	0,257	1879,446	303,00	151,500	1727,946	0,157
8,5	8,5	9	0,157	1727,946	302,40	151,200	1576,746	0,056
9	9	9,5	0,056	1576,746	302,40	151,200	1425,546	0
9,5	9,5	9,5	0	0				

Tabla 37. Tabla para discretizar el proceso de vaciado de la balsa.

Luego de hacer la tabla 36, se realiza una gráfica para ver la evolución del nivel del embalse con el tiempo.

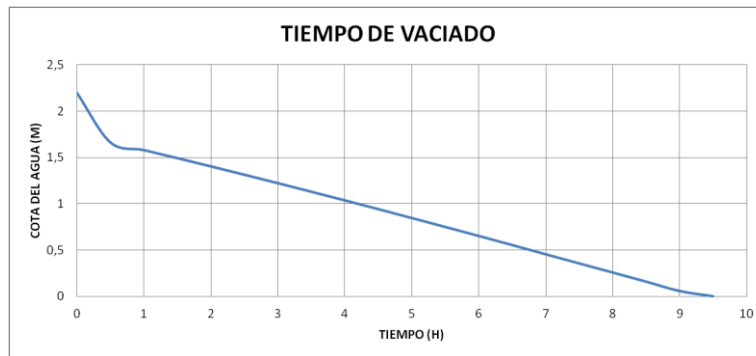


Figura 33. Gráfica en la que se observa la evolución del nivel de agua en el embalse.

Una vez visto la figura 33 se puede decir que el **tiempo de vaciado es de unas 9 horas y 30 minutos**.

4. Elementos auxiliares

4.1. Elementos previos a la entrada de agua

Para evitar que se pueda colar objetos de gran tamaño dentro de la conducción se usará un pie de fondo en la embocadura de la tubería con el río.



Figura 34. Pie de fondo.

Fuente: <http://g02.s.alicdn.com/kf/HTB1c26CGpXXXXaBXVXXq6xXFXXP/221357505/HTB1c26CGpXXXXaBXVXXq6xXFXXP.jpg>

Igualmente se deberá de disponer de un filtro antes de la bomba para evitar que se cuelen impurezas.

ÍNDICE

Metálicos

SISTEMA

Filtración producida físicamente por retención de partículas de tamaño superior al hueco de una malla. Para conseguir mayor superficie de contacto de la malla con el agua, se coloca entre la estructura y la malla de acero inoxidable otra malla de plástico a modo de "sandwich".

Gran superficie de filtrado y mínima pérdida de carga.

Alta resistencia a los efectos producidos por la presión diferencial.

LIMPIEZA

El cartucho filtrante se limpia manualmente tras su extracción, con la ayuda de agua a presión y el auxilio, en caso necesario, de un cepillo de cerdas. En caso de filtrarse agua con alto contenido en bicarbonatos, se recomienda periódicamente sumergir el cartucho filtrante en un baño de sustancia ácida diluida en agua.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cuerpo: Acero al carbono A42B (opcional en acero inoxidable)

Juntas de cierre: Caucho sintético nitrilo 60° Shore.

Tornillos: Zincados resistentes a la interperie

Cruceta: Acero inoxidable AISI 316L

TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Mediante fosfatado e impregnación base y pintado por proyección electros-tática de pintura en polvo epoxy poliéster.

ELEMENTO FILTRANTE

Malla de acero inoxidable termosoldada en una estructura tubular de PVC horadado. La luz de paso estándar es de 0,115 mm, aunque se dispone de otras (de 0,02 a 1 mm).

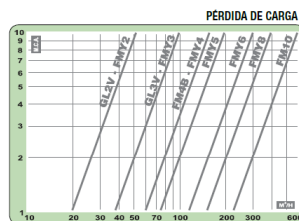
PRESIONES

Presión máxima (standard): 8 kg/cm²

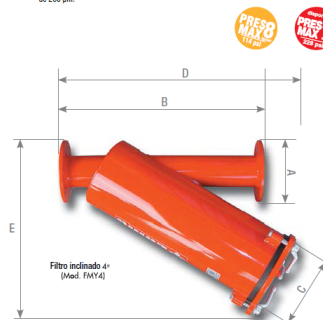
Presión máxima (disponible): 16 kg/cm²

Presión de prueba: 12 kg/cm²

3.7 - Metálicos de Mallas Lama 39



Resultados obtenidos en nuestras instalaciones de prueba con instrumentos de medida homologados, con la utilización de agua limpia como fluido para la evaluación y mallas Lama de 200 µm.



MALLAS DISPONIBLES					3mm.	0,75mm.	0,5mm.	0,3mm.	0,2mm.	0,115mm.	0,08mm.	0,05mm.	0,01mm.
A	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	Peso Neto (Kg)	Peso Bruto (Kg)	Volumen Embalaje (m ³)	Caudal Límite (m ³ /h)	Descripción	Precios (€)	Modelo		
2" Rosca H	310	165	540	216	Consultar	Consultar	Consultar	25	2" vertical	Consultar	GL2V		
3" Rosca H	275	165	666	216	Consultar	Consultar	Consultar	50	3" vertical	Consultar	GL3V		
2" Rosca M	450	165	605	504	12,5	13	0,048	25	2" inclinado	Consultar	FMY2		
3" Brida	500	165	752	500	20	21	0,089	50	3" inclinado	Consultar	FMY3		
4" Brida	700	219	785	500	30,5	32,5	0,89	80	4" inclinado (malla exterior)	Consultar	FM4B		
4" Brida	700	250	825	600	36,5	38,5	0,158	80	4" inclinado (malla interior)	Consultar	FMY4		
5" Brida	700	250	825	600	40,5	41	0,158	100	5" inclinado	Consultar	FMY5		
6" Brida	730	320	986	923	69,5	70,5	0,269	150	6" inclinado	Consultar	FMY6		
8" Brida	900	430	1340	1250	100	100,5	0,61	200	8" inclinado	Consultar	FMY8		
10" Brida	1000	430	1525	1430	105	105,5	1,160	300	10" inclinado	Consultar	FMY10		
4" Brida	649	250	840	310	Consultar	Consultar	Consultar	80	4" horizontal	Consultar	FML4		
6" Brida	1420	320	1680	380	Consultar	Consultar	Consultar	150	6" horizontal	Consultar	FML6		
8" Brida	1645	320	1930	270	Consultar	Consultar	Consultar	200	8" horizontal	Consultar	FML8		
10" Brida	1623	430	1950	540	Consultar	Consultar	Consultar	300	10" horizontal	Consultar	F10L		
12" Brida	1848	430	2250	590	Consultar	Consultar	Consultar	420	12" horizontal	Consultar	F12L		
16" Brida	1689	600	2143	840	Consultar	Consultar	Consultar	850	16" horizontal	Consultar	F16L		

Figura 35. Características del filtro modelo FMY8.

Fuente: http://www.lama.es/pdf/Tarifa_Agricola_Lama_2015.pdf

Para que no se acumule aire en el interior de la conducción se dispondrá de ventosas en aquellos lugares donde exista un cambio de pendiente que son los lugares donde suele acumularse burbujas de aire.

Ventosa de aluminio de simple efecto de 1"



TuRiego

Figura 36. Ventosa de 1 pulgada de diámetro.

Fuente: http://www.turiego.es/valvulas-reductores-presion/ventosa-cepex-de-aluminio-de-simple-efecto-de-1-a-3.html#.VtdltU_wr7c

4.2. Caseta de control

En esta caseta es donde irá la bomba hidráulica junto con las herramientas propias de la bomba hidráulica. Viene especificada en el anejo VII “Electrificación”.

4.3. Dispositivos de control de caudales y piezas especiales

Como dispositivo para controlar el volumen de agua gastado se usará un control de volumen del tipo contador Woltman reflejado en la figura 34.



Figura 37. Contador Woltman.

Fuente: http://www.zenner-medidores.com/tl_files/content/ZENNER_COM_SPANISH/ES_KAT_GWZ_medidores_d_agua.pdf

Más concretamente se va a usar el modelo WPH-N para caudales de 250 m³/h cuyos datos vendrán al final de este apartado.

El contador se pondrá detrás de la bomba ya que el diámetro con el que va a trabajar el contador utilizado es de 200 mm y se procederá a realizar primeramente un ensanche desde la bomba que utiliza un diámetro de 125 hasta los 200 mm de diámetro del contador y luego se procederá a otro ensanche hasta los 250 mm de la conducción.

Recaltar que las pérdidas de carga que se producen por esta variación en los diámetros de las tuberías de la instalación junto con la propia pérdida de carga del aparato no supone ningún cambio ni reajuste en los cálculos anteriores ya que supone unos valores muy pequeños (el contador tiene unas pérdidas de carga de unos 0,1 mca aproximadamente).



WPH-N

Contadores Woltman con eje de turbina paralelo

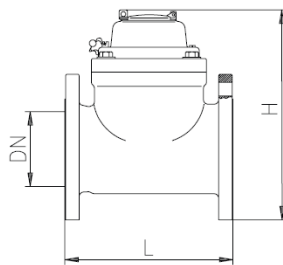
Los contadores tipo Woltman paralelos se utilizan cuando se trata de registrar caudales grandes con un perfil de caudal relativamente constante. Gracias a su diseño robusto no sólo cubren una amplia gama de medición, sino que además proporcionan una precisión de medición estable a largo plazo.

La turbina optimizada desde el punto de vista hidrodinámico funciona de forma fiable incluso con caudales reducidos y posee suficientes reservas de rendimiento para poder registrar también las puntas de caudal de manera segura. Unos soportes especialmente reforzados y de fricción reducida garantizan una larga vida útil del medidor.

Los contactos reed, sensores inductivos NAMUR y ópticos se pueden montar posteriormente en cualquier momento, sin dañar el precinto del contador. De este modo, el contador se puede integrar de manera sencilla y flexible en sistemas de transmisión de datos o de control existentes.

Resumen de características

- Caudal de arranque reducido, elevada seguridad de sobrecarga
- Amplia gama de medición
- Inserto de medición desmontable
- Pérdida de carga reducida
- Descarga hidráulica del soporte para una estabilidad de medición duradera
- Posibilidad de montaje posterior de emisores de impulsos activos y pasivos
- Cubierta protectora metálica de serie, opcional de plástico
- Relojería encapsulada al vacío, protegida de la condensación
- La relojería de esfera seca con grandes rodillos facilita la lectura
- Para agua fría de hasta 30 °C con seguridad hasta los 50 °C
- Para posiciones de montaje horizontales, verticales e inclinadas
- Versión de alta presión PN 25/40 previa solicitud



Dimensiones WPH-N

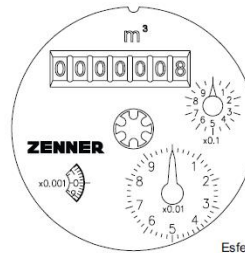
Accesorios

Datos técnicos WPH-N								
Caudal nominal	Qn	m³/h	15	15	25	40	60	100
Diámetro nominal	DN	mm	40	50	65	80	100	125
Longitud constructiva	L	mm	200	200	200	225	250	250
Clase metrológica			B	B	B	B	B	B
Caudal máximo (de corta duración)	Qmáx	m³/h	60	90	120	150	250	300
Caudal máximo (de larga duración)		m³/h	30	45	60	90	125	170
Límite de corte	Qt	m³/h	1	1	2	3,2	4,8	8
Caudal mínimo	Qmin	m³/h	0,35	0,35	0,45	0,8	1,5	3
Caudal a 0,1 bar de pérdida de carga		m³/h	20	30	50	70	100	150
Pérdida de carga en	Qmáx	bar	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Gama de indicación	min	l	2	2	2	2	2	2
	máx	m³	9.999.999	9.999.999	9.999.999	9.999.999	9.999.999	9.999.999
Temperatura máxima		°C	50	50	50	50	50	50
Presión de servicio	PN	bar	16	16	16	16	16	16
Altura	H	mm	206	200	208	255	275	290
Diámetro de brida	D	mm	150	165	185	200	220	250

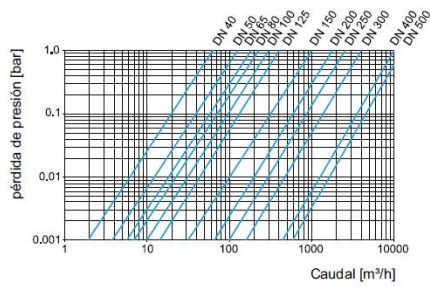
Datos técnicos WPH-N								
Caudal nominal	Qn	m³/h	150	250	400	600	1000	1500
Diámetro nominal	DN	mm	150	200	250	300	400	500
Longitud constructiva	L	mm	300	350	450	500	600	800
Clase metrológica			B	B	B	B	B	B
Caudal máximo (de corta duración)	Qmáx	m³/h	350	650	1200	1500	2500	4000
Caudal máximo (de larga duración)		m³/h	250	325	600	700	1250	2000
Límite de corte	Qt	m³/h	12	20	32	48	80	120
Caudal mínimo	Qmin	m³/h	3,5	6,5	12	18	30	45
Caudal a 0,1 bar de pérdida de carga		m³/h	200	650	1000	1500	2500	4000
Pérdida de carga en	Qmáx	bar	0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gama de indicación	min	l	20	20	20	20	200	200
	máx	m³	9.999.999	9.999.999	9.999.999	99.999.999	99.999.999	99.999.999
Temperatura máxima		°C	50	50	50	50	50	50
Presión de servicio	PN	bar	16	16	16	16	16	16
Altura	H	mm	305	375	470	495	635	740
Diámetro de brida	D	mm	285	340	395	445	565	670

Contadores Woltman

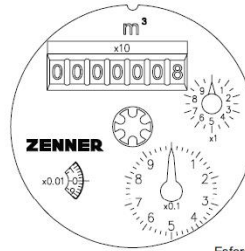
Contadores de chorro único



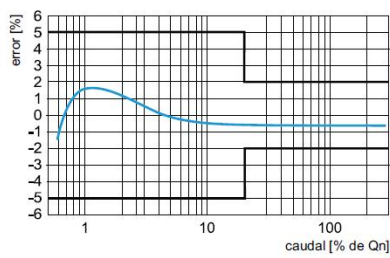
Esfera de DN 40 de hasta DN 125



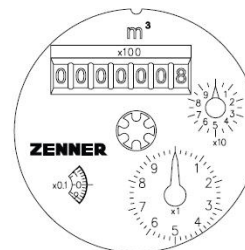
Curvas de pérdida de carga



Esfera de DN 150 de hasta DN 300



Curva de exactitud/error típica



Esfera de DN 400 de hasta DN 500

Accesorios

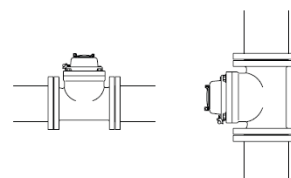
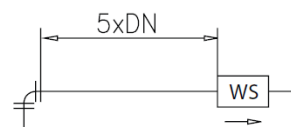
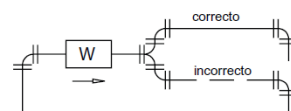
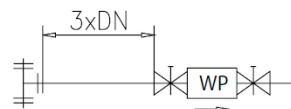
Instalación de contadores Woltman

Todos los modelos de contador Woltman permiten obtener los mejores resultados de medición si se observan unas normas de montaje sencillas pero básicas. Las normativas y reglas técnicas generalmente reconocidas conforme al reglamento de calibración constituyen la base para ello, en particular los documentos PTB-A6.1, PTBA6.2, así como la norma DIN 1988.

Los contadores Woltman, por su diseño, son sensibles desde el punto de vista del perfil de la entrada de flujo. Las turbulencias producidas por piezas Te o válvulas de compuerta semiabiertas en las proximidades del contador influyen de forma considerable en el resultado de la medición.

Instrucciones de montaje más importantes a modo de ejemplo:

- Debe observarse la dirección de flujo obligatoria de los contadores Woltman.
- Delante de los contadores del tipo WPH debe existir un tramo de tubería recta de al menos $3 \times DN$.
- Delante de los contadores del tipo WS debe existir un tramo de tubería recta de al menos $5 \times DN$.
- Si no es posible respetar el tramo de entrada indicado, debe incorporarse un rectificador de flujo tipo panel de abeja.
- Para un funcionamiento óptimo se recomienda respetar un tramo de salida de al menos $2 \times DN$ detrás del contador.
- Con el fin de evitar inclusiones de aire en el contador, éste no debe montarse en el punto más elevado de la tubería.
- Las válvulas de corredera u otros dispositivos de cierre situados delante del contador deben estar completamente abiertos durante el funcionamiento.



Posiciones de montaje

Los contadores Woltman de tipo WPH y WI se pueden montar en posición horizontal y vertical, es decir, en tuberías horizontales y verticales. La relojería estará orientada hacia arriba o inclinada 90° hacia el lado. Los contadores Woltman de tipo WS y WPV sólo se pueden montar en posición horizontal, es decir, únicamente en tuberías horizontales con la relojería orientada hacia arriba. No se permite el montaje con la relojería hacia abajo en ningún tipo de contador. En www.zenner.de encontrará las instrucciones de montaje detalladas.

Figura 38. Datos técnicos del contador Woltman WPH-N.

Fuente: http://www.zenner-medidores.com/tl_files/content/ZENNER_COM_SPANISH/ES_KAT_GWZ_medidores_d_agua.pdf

4.4. Motobomba para alimentar la instalación de riego

Para impulsar el agua que irá dirigida al riego de la plantación de cítricos se va a disponer de una motobomba. Para saber qué tipo de bomba se va a usar hay que tener en cuenta el caudal que va a aportar, la presión que va a ejercer para que pueda llegar el agua hasta su destino y el fenómeno de cavitación.

La instalación de las tuberías que van a alimentar el riego de cítricos va a partir a un metro desde el fondo del vaso de la balsa para que no arrastre los lodos que se quedarán en el fondo de la misma. Además se pondrá un pie de fondo para evitar que se cuelen impurezas. Seguidamente esta tubería va a bordear los taludes del embalse hasta llegar a la superficie del suelo donde se conectionará con la bomba propuesta.

La conexión de la motobomba con la instalación se realizará a cinco metros del punto de intersección entre el talud aguas abajo y la superficie.

La bomba elegida es una motobomba de la empresa Honda WB 30 XT Aguas limpias.

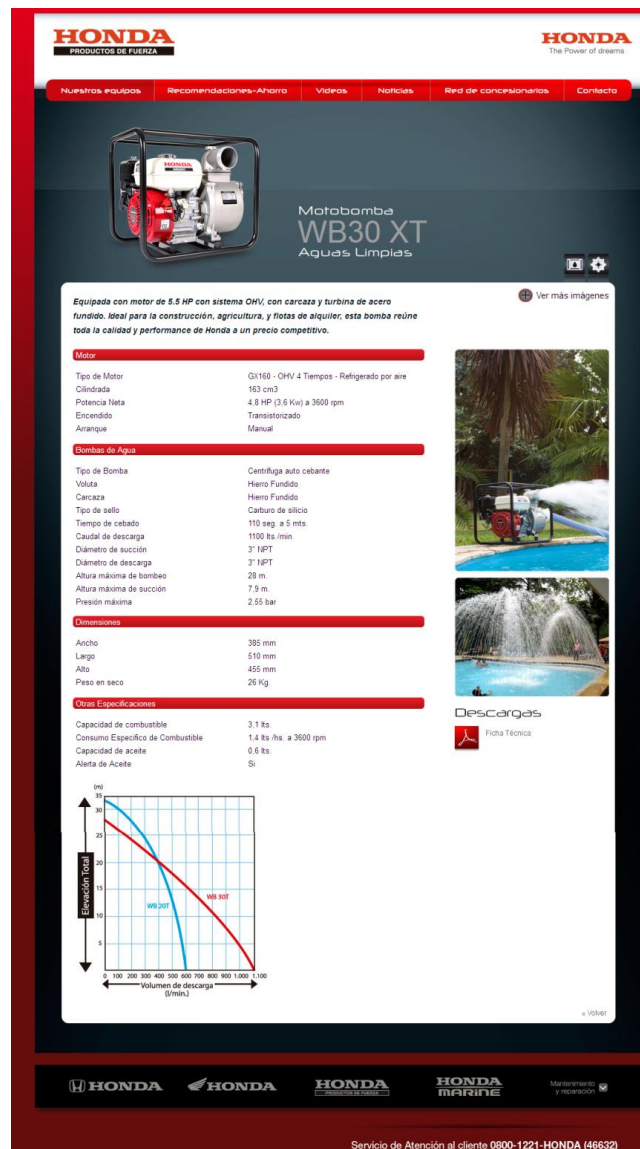


Figura 39. Características técnicas de la motobomba.

Fuente: <http://pf.honda.com.ar/motobombas-WB30-XT.html>

4.4.1. Caudal aportado por la motobomba

Para comprobar que el modelo elegido va a poder suministrar el caudal necesario para nuestra plantación se va a hacer una serie de cálculos partiendo de unos modelos

desfavorables para comprobar que si cumple dichos modelos, va a poder cumplir los modelos reales.

Tiempo que hay entre recargas del embalse = 5 días

Emisores por árbol = 6 emisores

Litros que descarga cada emisor al día = 16 litros

Tiempo de riego = 4 horas

Número de árboles = 7.208 árboles

Caudal máximo que aporta la motobomba = $66 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\left. \begin{aligned} 6 \text{ emisores} \cdot 16 \frac{\text{litros}}{\text{día-emisor}} \cdot 7208 \text{ árboles} &= 691,968 \text{ m}^3/\text{día} \\ \frac{3500 \text{ m}^3}{5 \text{ días}} &= 700 \text{ m}^3/\text{día} \end{aligned} \right\} 691,968 \text{ m}^3/\text{día} < 700 \text{ m}^3/\text{día} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 4 \text{ h} = 264 \text{ m}^3$$

$$\frac{691,968 \text{ m}^3}{264 \text{ m}^3} = 2,62 \text{ sectores} \approx 3 \text{ sectores}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{691,968 \text{ m}^3}{3 \text{ sectores}} &= 230 \text{ m}^3 \\ \frac{230 \text{ m}^3}{4 \text{ h}} &= 57,664 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned} \right\} 57,664 \text{ m}^3/\text{h} \text{ caudal de la motobomba}$$

$$\text{Número de horas regadas a lo largo del día} = 3 \text{ sectores} \cdot \frac{4 \text{ h}}{\text{sector}} = 12 \text{ horas}$$

El criterio del caudal aportado del $57,664 \text{ m}^3/\text{h}$ lo cumple. Hay que sectorizar nuestra plantación en 3 partes.

4.4.2. Presión aportada por la motobomba

El siguiente criterio que se va a usar es el de la presión suministrada. Se va a partir de un criterio bastante desfavorable donde las tuberías van a ser de PVC, el diámetro de las tuberías es de 75 mm y que la longitud equivalente de las pérdidas localizadas será un 10% de la longitud total. La fórmula empleada es la de Veronesse-Datei.

$$J(\%) = 0,092 \cdot \frac{Q^{1,80}}{D^{4,80}}$$

J(%): Pérdida de carga en tanto por ciento (m/100 m).

$$Q = 57,664 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diámetro de la tubería = 75 mm

$$h_t = L \cdot J(\%) = 1,10 \cdot L \cdot \frac{0,092}{100} \cdot \frac{Q^{1,80}}{D^{4,80}} = 1,10 \cdot L \cdot \frac{0,092}{100} \cdot \frac{0,016^{1,80}}{0,075^{4,80}} = 0,149 \cdot L$$

$$h_t = h_r + 10\% \cdot h_r$$

$$\text{Curva característica bomba: } H = 28 - (6,428 \cdot 10^{-3}) \cdot Q^2 \rightarrow H = 28 - (6,428 \cdot 10^{-3}) \cdot 57,664^2 \rightarrow H = 6,63 \text{ mca}$$

Altura geométrica = 0 mca

$$\text{Si } H = h_t \rightarrow 6,63 = 0,149 \cdot L \rightarrow L = 45 \text{ metros} \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

Da un valor de longitud demasiado pequeño para las características que va a tener la instalación por lo que hay que pensar en dividir en más sectores la plantación.

$$\left. \begin{array}{l} 3 \text{ sectores/bomba} \\ 2 \text{ bombas en paralelo} \end{array} \right\} 6 \text{ sectores}$$

$$\frac{691,968 \text{ m}^3}{6} = 115,328 \text{ m}^3$$

$$\frac{115,328 \text{ m}^3}{4 \text{ horas}} = 28,832 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 28 - (6,428 \cdot 10^{-3}) \cdot Q^2 = 28 - (6,428 \cdot 10^{-3}) \cdot 28,832^2 = 22,66 \text{ mca}$$

$$h_t = L \cdot J(\%) = 1,10 \cdot L \cdot \frac{0,092}{100} \cdot \frac{Q^{1,80}}{D^{4,80}} = 1,10 \cdot L \cdot \frac{0,092}{100} \cdot \frac{(8,009 \cdot 10^{-3})^{1,80}}{0,075^{4,80}} = 0,0428 \cdot L$$

$$22,66 = 0,0428 \cdot L \rightarrow L = 529,44 \text{ metros} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Una solución propuesta sería poner dos moto-bombas en paralelo y que cada una regara 3 sectores.

4.4.3. Cavitación

Para el criterio de la cavitación se parte de la siguiente fórmula y se comprobará si teóricamente la altura de aspiración facilitado por el fabricante es mayor que la que se obtendrá. La motobomba se pondrá a una distancia de 1 metro alejado del punto de corte entre el talud aguas abajo y la superficie del terreno.

$$H_{\text{aspiración}} = H_a + h_t$$

$$H_a = 2,23 \text{ m}$$

$$h_t = h_r + h_s$$

$$\Sigma L_e = 3 \cdot (4) + 4 \cdot (15) + 5 + 3,25 = 80,25 \text{ m}$$

$$L = 7,05 + 4 + 4,02 + 1 + 0,5 + 0,5 + 1 + 0,5 = 18,57 \text{ m}$$

$$h_r = L \cdot J(\%) = L \cdot \frac{0,092}{100} \cdot \frac{Q^{1,80}}{D^{4,80}} = L \cdot \frac{0,092}{100} \cdot \frac{(8,009 \cdot 10^{-3})^{1,80}}{0,075^{4,80}} = 0,0389 \cdot L$$

$$h_r = 0,0389 \cdot L = 0,0389 \cdot (80,25 + 18,57) = 3,84 \text{ mca}$$

$$h_t = 3,84 + 1,75 = 5,59 \text{ mca}$$

$$\left. \begin{array}{l} H_{\text{aspiración}} = 2,23 + 5,59 = 7,82 \text{ mca} \\ H_{\text{aspiración bomba}} = 7,9 \text{ mca} \end{array} \right\} H_{\text{aspiración bomba}} > H_{\text{aspiración}} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como se observa, en el caso más desfavorable que sería coger el agua en la parte más baja de la balsa, con los cálculos que se han realizado no se produciría el fenómeno de la cavitación.

Anejo IV
Datos de la balsa

ÍNDICE

1. Introducción	Página 87
2. Dimensiones de la balsa	Página 87
3. Anchura de coronación	Página 87
4. Resguardo mínimo	Página 88
5. Fondo	Página 89
6. Rastrillo o zanjón	Página 89
7. Impermeabilización	Página 90
7.1. Geomembrana	Página 91
7.2. Geotextil	Página 93
8. Galería de servicio	Página 94

1. Introducción

En este apartado se van a definir las dimensiones de la balsa y de los componentes que ésta tendrá. La balsa tendrá una forma cuadrada y una capacidad máxima de 3.500 m³ para facilitar los cálculos dimensionales y estructurales.

2. Dimensiones de la balsa

Los datos siguientes corresponden a un volumen de balsa de 3.500 m³.

Talud exterior = 1/1,5

Talud interior = 1/3

Altura máxima de la balsa (desde el suelo) = 2,23 m

Altura de la columna de agua (desde el vaso) = 1,90 m

Longitud del vaso = 37,10 m

Longitud de la capa de agua = 48,50 m

Longitud entre los dos puntos más cercanos entre los taludes = 50 m

Espesor de la base de los taludes ≈ 14 m

Anchura de coronación = 4 m

3. Anchura de coronación

La anchura de coronación es la distancia entre las aristas superiores de los taludes de aguas arriba y aguas abajo. Dicha anchura debe de respetar la siguiente fórmula donde C es la anchura de la coronación y H la altura del dique:

$$C(m) = 3 + \frac{H(m)}{5}$$

Ya que para este proyecto la altura del dique (H) = 2,23 + 1 (la cota más baja del embalse) metros se obtiene una anchura de 3,65 m. Como antes se comentó, para facilitar los cálculos y su construcción se ha propuesto una **anchura de 4 m** ya que según Dal-Ré T. (2003), para la coronación se establecerá una anchura mínima de 5 m aunque en realidad no debe ser inferior al valor obtenido por la anterior fórmula. Por tanto, estos 4 m está entre el valor mínimo expresado por la fórmula y los 5 metros que establece el libro mencionado.

4. Resguardo mínimo

Se le llama resguardo mínimo a la diferencia entre el máximo nivel de agua de la balsa y la coronación.

Para el cálculo se usará la siguiente fórmula (Knappen) donde H_0 es la altura de la ola en metros, v la velocidad de las olas en m/s y g es la aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$):

$$R = 0,75 \cdot H_0 + \frac{v^2}{2g}$$

Para el cálculo de la altura de la ola (H_0) hay que conocer la fórmula de Stevenson que dice:

$$H_0 = 0,75 + 0,34 \cdot F^{1/2} - 0,26 \cdot F^{1/4}$$

Para calcular dicho valor, hay que conocer la F que es el Fecht (distancia en km de la longitud máxima de la lámina de agua [en este proyecto $F = 0,0676 \text{ km}$ ya que $F = \sqrt[2]{2 \cdot 47,83^2}$]). Por tanto, la $H_0 = 0,706 \text{ m}$.

Para el cálculo de la velocidad del agua (v), se usará la fórmula de Galiard en donde H_0 se expresa en metros:

$$v = 1,52 + 2 \cdot H_0$$

Una vez calculado la velocidad ($v = 1,52 + 2 \cdot (0,703) = 2,93 \text{ m/s}$), se puede conocer el resguardo que da un valor de $R = 0,967 \text{ m}$. Para facilitar los cálculos, se pondrá de resguardo un valor de $R = 1 \text{ m}$.

Se añadirá un suplemento que tiene en cuenta la posibilidad que el dique se asiente en un futuro. Este suplemento lo vamos a mayorar en un 3% de la altura de la balsa (en este proyecto la altura de la balsa es de $2,23 \text{ m}$).

$$\text{Suplemento} = 3\% \cdot \text{altura de la balsa en terraplén}$$

El suplemento da un valor de $0,067 \text{ m}$. Según la información consultada, el suplemento debe de tener un valor mínimo de $0,4 \text{ m}$ (que es el valor que se usará).

Por tanto, el valor del **resguardo mínimo** será de $1 + 0,4 = \mathbf{1,4 \text{ m}}$.

Para el cálculo de la protección que se va a poner como resguardo se va a calcular la altura del resguardo comercial ya que la lámina de agua no va a llegar hasta el borde puesto que hay un aliviadero de unos 20 cm en lo alto de la balsa. Por tanto la altura máxima de la lámina de agua será de:

- Altura del aliviadero (A_a) = 20 cm

- Altura del resguardo teórico (R_t) = 1,40 m

Altura del resguardo comercial (R_c) = $R_t - A_a = 1,40 \text{ m} - 0,20 \text{ m} = 1,20 \text{ m}$

Por lo que se usará un **resguardo con una altura de 1,20 m.**

Se usará un pretil con las siguientes características:

- La base tiene una anchura de 66 cm.
- En la parte superior su anchura es de 15 cm.
- La altura es de 120 cm.
- Su longitud es de 599 cm.

5. Fondo

El fondo del embalse estará constituido por una superficie plana excavada a un metro por debajo de la superficie del suelo. Del fondo va a salir una tubería que desaguará el agua fuera del embalse. La boca de la tubería se encontrará a un metro por encima de la superficie del fondo para que no haya problemas de lodos dentro de las tuberías.

El agua que quedará dentro del embalse se irá eliminando con la evaporación según la evaporación que está estimada en 0,419 mm/día. Adicionalmente si fuera necesario eliminar dicho agua en un corto espacio de tiempo se podría usar una bomba flotante.

Para limpiar el fondo del embalse de los lodos anualmente se procederá a una limpieza y retirada de dichos lodos.

6. Rastrillo o zanjón

El rastrillo o zanjón tiene dos funciones: evitar que las filtraciones del agua embalsada lleguen al pie del talud aguas abajo a través de la cimentación y, en su caso, alargar las líneas de filtración que se originan a su través.

Se situará en la zona central de la coronación y tendrá una forma trapezoidal con la parte estrecha en la base. **La anchura del rastrillo será mínimo de 3 m** como se indica en el libro Dal-Ré Tenreiro, R. (2003). Los taludes tendrán una **inclinación 1V/1H** y la altura del zanjón se va a calcular mediante la fórmula:

$$H = 0,5 \cdot V^{0,25}$$

H: Altura tanto de los taludes del embalse como del zanjón (m)

V: Volumen de agua del embalse (m^3)

$$H = 0,5 \cdot 3500^{0,25} = 3,84 \text{ m}$$

Ya que la altura de los taludes del embalse es de 2,23 m, la **profundidad del zanjón** va a ser de $3,84 - 2,23 \approx 1,60$ m.

El zanjón estará recubierto en su parte exterior por tres capas en el siguiente orden: lámina impermeabilizante-geotextil-lámina impermeabilizante.

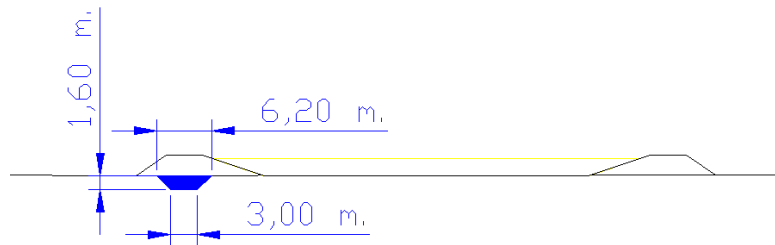


Figura 40. Dimensionamiento del zanjón.

7. Impermeabilización

Para realizar la impermeabilización del embalse se va a realizar de la siguiente manera.

- Se va a poner la impermeabilización en la parte del talud aguas arribas para evitar que exista filtración del agua hacia los taludes.
- Los taludes se van a construir con materiales arcillosos para que actúen como una barrera impermeable.
- Se va a poner en la base del vaso otra impermeabilización.
- Debajo de la base del vaso se va a poner una red de drenaje por si hubiera alguna fuga de agua.

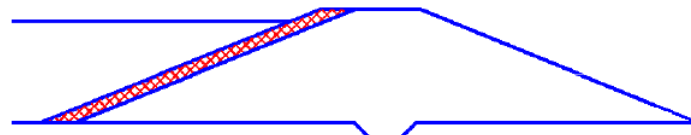


Figura 41. Dibujo de la capa impermeabilizadora en el talud aguas arribas.

Fuente: http://www.spancold.es/Archivos/IPMDCEMB_2009_05-Tipologia_Dique_Cierre.pdf



Figura 42. Fotografía que muestra una balsa impermeabilizada.

Fuente: http://www.spancold.es/Archivos/IPMDCEMB_2009_05-Tipologia_Dique_Cierre.pdf

Para realizar una buena ejecución con respecto a la impermeabilización, se dividirá en sectores uniéndose dichos sectores mediante soldadura.



Figura 43. Fotografía que muestra distintos sectores de un geotextil.

Fuente: <http://aislamientosjavier.com/wp-content/uploads/2014/11/Geotextil-de-poliester-1.jpg>

La impermeabilización va a constar de 2 capas:

- Geomembrana que será la capa impermeable propiamente dicha.
- Geotextil cuya función será drenar aquellas aguas que puedan traspasar la geomembrana.

7.1. Geomembrana

La geomembrana utilizada será la geomembrana PEAD de Numapol.



Geomembranas PEAD - Numapol PEAD



Geomembranas de polietileno de alta densidad

Las geomembranas de polietileno de alta densidad PEAD (o HDPE) se utilizan como barrera impermeable en todo tipo de obra hidráulica como embalses para agricultura, canales, depósitos, depuradoras, balsas de decantación o evaporación, piscifactorías, campos de golf etc.

Este tipo de geomembranas de polietileno también se utilizan en obras relacionadas con el medio ambiente como barrera de contención de líquidos o sólidos contaminantes en vertederos de residuos urbanos, balsas de lixiviados, balsas de purines, balsas de residuos mineros, protección contra posibles fugas en industrias petroquímicas, aeropuertos, zonas portuarias etc.

También se utilizan en obra Civil en construcciones ferroviarias, carreteras, muros, túneles, pavimentos etc.

Cumple las normas UNE EN-13361/2-13491-13492/3-15382

Más información

La geomembrana NUMAPOL PEAD está fabricada en boquilla plana y calandra a base de Polietileno de alta densidad de primera calidad (97,5%) y negro de Carbono (2,5%) además de antioxidantes, lo que le confiere muy buena resistencia a la intemperie y un buen nivel de stress cracking.

¿Por qué elegir las Geomembranas Numapol Pead?

Nuestro producto se diferencia de los demás por cuidar todos los detalles que nos han ido pidiendo nuestros clientes instaladores como por ejemplo, en nuestras bobinas utilizamos tubo interior de plástico rígido que tiene buenas propiedades mecánicas no se aplasta y puede mojarse sin que se ablande, además se comporta muy bien en todos los aparejos para desbobinar en obra. Marcamos todas las bobinas a parte de impresión con tinta con grabado por láser de modo que no se pierda la trazabilidad de la lámina en toda su vida útil, cada 2 metros cuadrados de lámina hay un marcaje indicando el código del rollo y también el metro que corresponde del total de la bobina. También marcamos una línea de referencia para el solape como ayuda en la instalación.

En la fabricación se utiliza la más moderna tecnología y las mejores resinas, lo que le otorga a la geomembrana NUMAPOL PEAD unas buenas propiedades mecánicas (tracción, elongación, punzonado y desgarró) y químicas (resistencia frente a disolventes orgánicos e inorgánicos) así como una buena soldabilidad.

Figura 44. Numapol PEAD.

Fuente: <http://www.numaindustrial.com/geomembranas-pead.php>



NUMA INDUSTRIAL, S.A.

Mn. Josep Gudiol, 13 –Tel. 93-885 4003 Fax. 93-883 2042
www.numaindustrial.es e-mail: numa@numaindustrial.es
 08500-VIC (Barcelona)



FABRICACION DE
 LAMINA DE P.V.C. Y PE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TECHNICAL DATA SHEET								
NUMAPOL HDPE (UNE EN-13361/2-13491-13492/3-15382)								
PROPIEDADES GEOMEMBRANA <i>Geomembrane Properties</i>	UNIDAD <i>Unit</i>	METODO ENSAYO <i>Test Method</i>	VALOR <i>Value</i>					
Densidad. <i>Density</i>	g/cm ³	UNE-EN ISO 1183	≥0.940					
Contenido negro de carbono <i>Carbon black content</i>	%	UNE 53375	2-2,5					
Dispersión negro carbono. <i>Carbon black dispersion</i>	-	ISO 18553	≤3					
Índice fluidez <i>Melt index</i> 190°C a 2.16 Kg	g /10min	UNE-EN ISO 1133	≤1					
Espesor <i>Thickness (mm)</i> +/-5%	mm	EN 1849-2	0,50	1,00	1,50	2,00	2,5	
Masa por ud. de superficie <i>Mass per unit area</i> +/-6%	g /m ²	EN 1849-2	474	948	1422	1896	2370	
PROPIEDADES RESISTENCIA MECÁNICA <i>Mechanical Strength Properties</i>								
Resistencia en el límite elástico. <i>Strength at yield</i>	N/mm	UNE EN ISO 527 Tipo 5, 100mm/min	9 (8)	18 (16)	27 (24)	36 (32)	45 (40)	
Alargamiento en el límite elástico. <i>Elongation at yield</i>	%		12 (8)					
Resistencia a la rotura <i>Strength at break</i>	N/mm		16 (13)	32 (26)	48 (39)	64 (52)	80 (65)	
Alargamiento a la rotura <i>Elongation at break</i>	%		850 (700)					
Resistencia al desgarro <i>Tear resistance</i>	N	ISO 34	75 (68)	150 (135)	225 (203)	300 (270)	375 (337)	
Resistencia al punzonado estático (C.B.R.) <i>Static puncture resistance</i>	KN	EN ISO 12236	1,4 (1,2)	3 (2,5)	4,5 (4)	5,5 (5)	7,5 (6,25)	
PROPIEDADES FUNCIONALES <i>Functional Properties</i>								
Permeabilidad a los líquidos. <i>Permeability to liquids</i>	m ³ /m ² día	EN 14150	<1.10 ⁻⁶					
Estanqueidad al gas +/-1%. <i>Permeability to gas</i>	Cc/m ² día	ASTM D 1434	0,006					
Comportamiento a bajas temperaturas <i>Brittleness at low temperatures</i>	-	UNE-EN 495-5	Sin grietas No fissures					
Coefficiente de dilatación lineal 10 ⁻⁴ <i>Lineal enlarging coefficient</i>	1/°C	ASTM D 696	2,1					
PROPIEDADES DE DURABILIDAD <i>Durability Properties</i>								
Envejecimiento UV, variación en alargamiento <i>UV resistance, variation of elongation</i>	%	EN 12224	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	
Envejecimiento térmico <i>Thermal aging</i>	%	EN 14575	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	
Tiempo de inducción a la Oxidación TIO <i>Oxidation induction time OIT</i> 200°C	min	ASTM D 3895	>100	>100	>100	>100	>100	
Resistencia Stress Cracking ESCR/NCTL <i>Stress cracking resistance</i>	H	UNE-EN 14576	>300	>300	>300	>300	>300	

Los valores indicados son valores medio; entre paréntesis, los valores mínimos con un nivel de confianza del 95%. *The values are medium values, between parentheses, the minimum values with 95% confidence level.*

La información expresada es una orientación y no debe entenderse como una garantía. Para garantizar el resultado en empleos que no sean los propios de una geomembrana es preciso contactar con Numa Industrial S.A. *The information contained here in is provided for reference purposes only and is not intended as a warranty or guarantee.*

Contact Numa Industrial S.A. for determination of suitability for use of geomembrane in order to guarantee the results.

UNE-EN 13361 -13362. Barrera polimérica para la utilización en embalses, canales y presas. *Geosynthetic barriers. Characteristics required for use in construction of reservoirs, canals and dams.*

UNE-EN 13491. Barrera polimérica para la utilización de túneles y estructuras subterráneas. *Geosynthetic barriers. Characteristics required for use in construction of tunnels and underground structures.*

UNE-EN 13492 – 13493. Barrera polimérica para la utilización de vertederos de residuos líquidos y sólidos. *Geosynthetic barriers. Characteristics required for use in the construction of liquid and solid waste reservoirs.*

UNE-EN 15382. Barrera geosintética. Características requeridas para su uso en infraestructuras de transporte. *Geosynthetic barriers. Characteristics required for use in transportation infrastructure.*

Uso previsto: membrana de impermeabilización frente a fluidos y sólidos. *Intended use waterproofing membrane against fluids and solids.*

Rev.120613

Tabla 38. Características técnicas Numapol PEAD.

Fuente: <http://www.numaindustrial.com/geomembranas-pead.php>

7.2. Geotextil

El geotextil empleado será de la casa Geotex y el modelo es el Pavidrain.

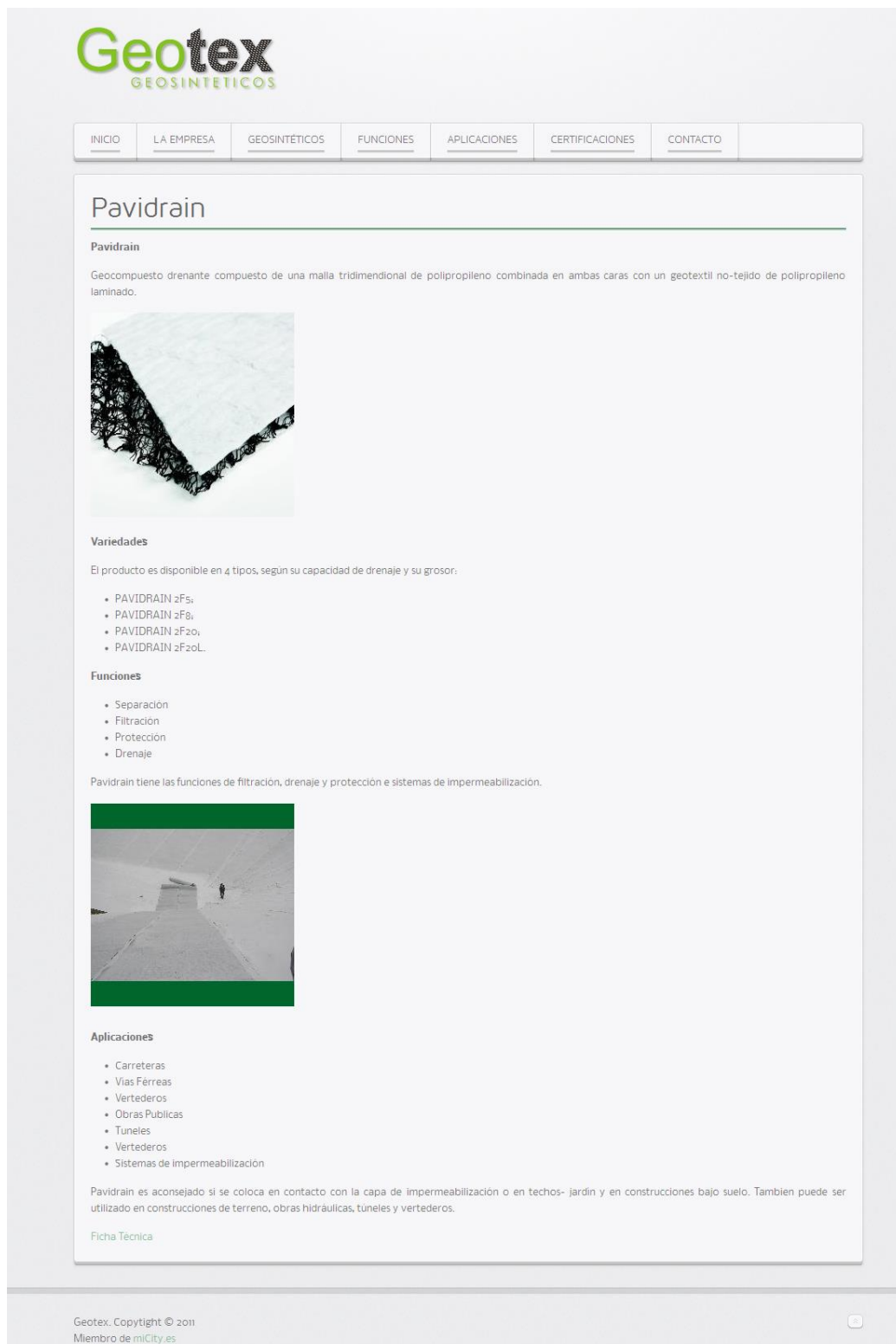


Figura 45. Geotex Pavidrain.

Fuente: <http://www.geosinteticos.net/geosinteticos/geocompuestos-drenantes/pavidrain/>



PAVIDRAIN

PRODUCCIÓN NORMAL



VIGANÓ PAVITEX S.P.A.

TABLAS DE CARACTERÍSTICAS: Rev 115

DESCRIPTION: Geocompuesto drenante (GCO) formado por una geomalla tridimensional (GMA) entre dos geotextiles no tejidos (GTX-N)
COMPOSICION: Polipropileno (GMA, GTX-N)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		2F5	2F8	2F20	2F20L		
Gramaje	g/mq	600	700	850	700	EN ISO 9864	
Espesor bajo 2 kPa	mm	5,5	8,0	20,0	20,0	EN ISO 9863	
Resistencia a tracción MD	kN/m	7,0	12,0	13,0	13,0	EN ISO 10319	
Resistencia a tracción CMD	kN/m	7,0	12,0	13,0	13,0	EN ISO 10319	
PERMEABILIDAD EN PLANO MD (CONTACTO M/R)							
q=20 kPa	i=1	l/s*m	1,00	2,10	4,00	3,30	EN ISO 12958
	i=0.1	l/s*m	0,20	0,55	1,50	0,85	EN ISO 12958
	i=0.03	l/s*m	0,10	0,33	0,68	0,40	EN ISO 12958
q=50 kPa	i=1	l/s*m	0,58	1,75	1,65	1,00	EN ISO 12958
	i=0.1	l/s*m	-	0,45	0,45	0,22	EN ISO 12958
	i=0.03	l/s*m	-	0,27	0,24	0,12	EN ISO 12958
q=100 kPa	i=1	l/s*m	0,52	1,35	0,40	0,25	EN ISO 12958
	i=0.1	l/s*m	-	0,40	0,10	0,05	EN ISO 12958
	i=0.03	l/s*m	-	0,23	0,05	0,02	EN ISO 12958

NOTAS

Son indicados los valores nominales obtuvieron por una confrontación estadística del resultado de pruebas de laboratorio.
Viganó Pavitex tiene el derecho de actualizar los datos en cualquier momento y sin nota. Tolerancia en el tamaño $\pm 5\%$.
Otros tipos están disponibles a demanda. Otra información está disponible en las fichas técnica de cada producto.

Viganó Pavitex S.p.A. - Via Carlinga 35, 24035 Curno (BG)
Tel +39 035 20 19 11 - Fax +39 035 20 19 36 - www.pavitex.com - geo.exp@pavitex.com
Empresa con Sistema de Gestión de Calidad certificado ISO 9001



TAB PAVIDRAIN Rev 115 - es

Tabla 39. Características técnicas Geotex Pavidrain.

Fuente: <http://www.geosinteticos.net/geosinteticos/geocompuestos-drenantes/pavidrain/>

8. Galería de servicio

Para facilitar el recambio de piezas de la instalación se va a disponer de una galería de servicio que atraviese una parte del talud. Dentro de esta galería va a ir parte de la instalación de la toma de agua y parte de la de desagüe.

Las dimensiones de esta galería son tales para poder meter las tuberías anteriormente comentadas más una ampliación para que pueda trabajar un operario. Sus dimensiones son las siguientes.

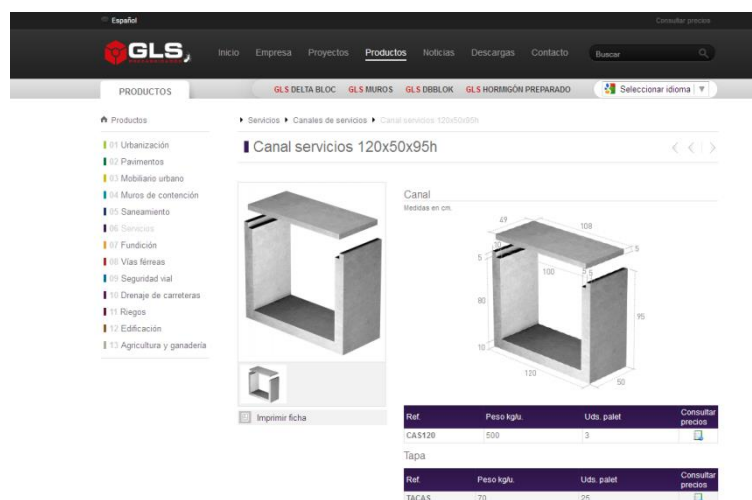


Figura 46. Canal de servicio.

Fuente: <http://www.glsprefabricados.com/es/productes/index/canal-servicios-120x50x95h/295>

Anejo V
Diseño de la red de drenaje

ÍNDICE

1. Cálculo del espaciamiento entre drenes	Página 98
2. Disposición de los drenes	Página 103
3. Dimensionamiento de las tuberías implicadas en el drenaje	Página 103

1. Cálculo del espaciamiento entre drenes

Tanto en el talud aguas arriba como en el vaso del embalse se va a colocar una capa impermeabilizadora para evitar pérdidas por filtración. No obstante puede ocurrir que se produzcan ciertas filtraciones por problemas (fisuras o roturas) por lo que se va a poner en el vaso del embalse un sistema de drenaje que lleve esas aguas fuera.

El sistema de drenaje consistirá en una serie de tubos que drenen el agua fuera del vaso. Dicho sistema se colocará aproximadamente a un metro de profundidad del vaso.

Para saber la profundidad del nivel freático se ha mirado en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente los datos. Para ello se ha puesto un mapa de la situación de los sondeos que se han realizado en el término de Alcalá del Río.

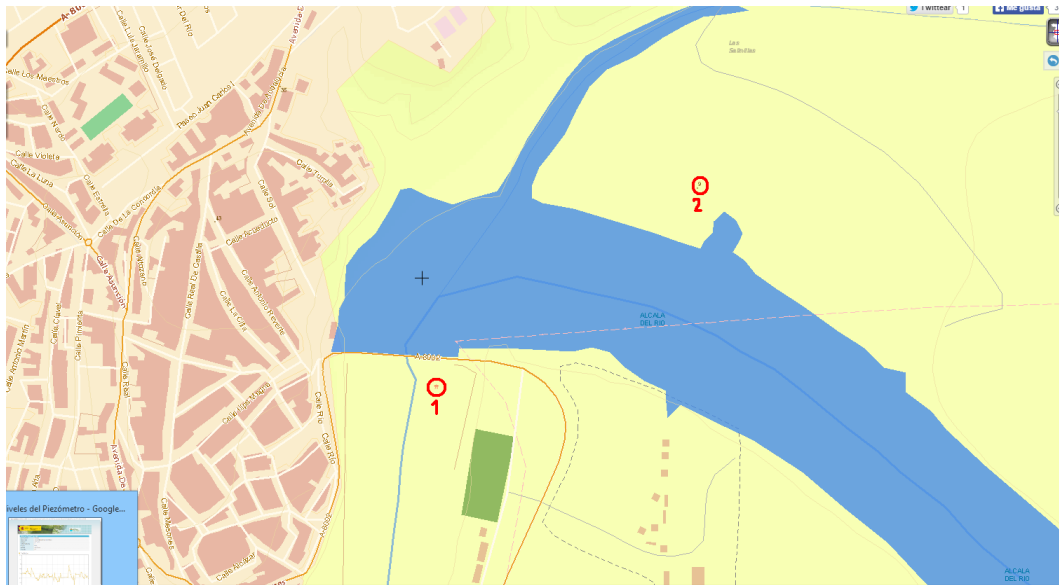




Figura 47. Situación de los dos puntos sondeados por el Ministerio.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>


Una vez conocido los dos puntos sondeados, hay que mirar los datos facilitados.



GOBIERNO DE ANDALUCÍA
MINISTERIO DE POLÍTICA SOCIAL, INNOVACIÓN Y VIVIENDA



Recursos Subterráneos



1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	4854
Hoja E.1:50000 (IGN)	962
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOL.
Medida	ESTIMADAMPAE<1:50.000
Año Construcción	51

2. DATOS GEOGRAFICOS

Provincia	Sevilla
Municipio	Alcala del Río
Demarcación Hidrográfica	GUADALQUIVR
Coordenada X (UTM)	237.200
Coordenada Y (UTM)	4.156.700
Huso	30
Cota (msnm)	10

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	ROTACION
Profundidad del sondeo (m)	19,50
Nivel del agua (m)	4,30
Fecha nivel	01/12/1951
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	S

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	3	CUAT. INDIFERENCIADO	SUELO ORGANICO
3	9,30	CUAT. INDIFERENCIADO	LIMOS Y ARENAS
9,30	16,70	CUAT. INDIFERENCIADO	GRAVAS Y ARENAS
16,70	17,10	DESCONOCIDO	ARCILLAS
17,10	19,50	PLIOCENO	MARGAS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo
0,10	17,10	80	SE DESCONOCE
17,10	19,50	60	NO ENTUBADO

Cementacion

De (m)	Hasta (m)

Tabla 40. Datos del punto sondeado Nº1 facilitados por el Ministerio.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>

Se puede ver que el nivel del agua es de 4,30 desde el nivel del suelo por lo que en principio no debería de haber problemas de aparición de agua subterránea en el vaso del embalse.

El problema es que la fecha tomada es del año 1951 por lo que es muy poco indicativo de la profundidad que puede haber actualmente. Además, es un solo dato por lo que no podemos saber la tendencia que tiene el nivel.

Para ello, nos apoyamos de la siguiente gráfica que nos facilita el Ministerio en el punto sondeado Nº 2.

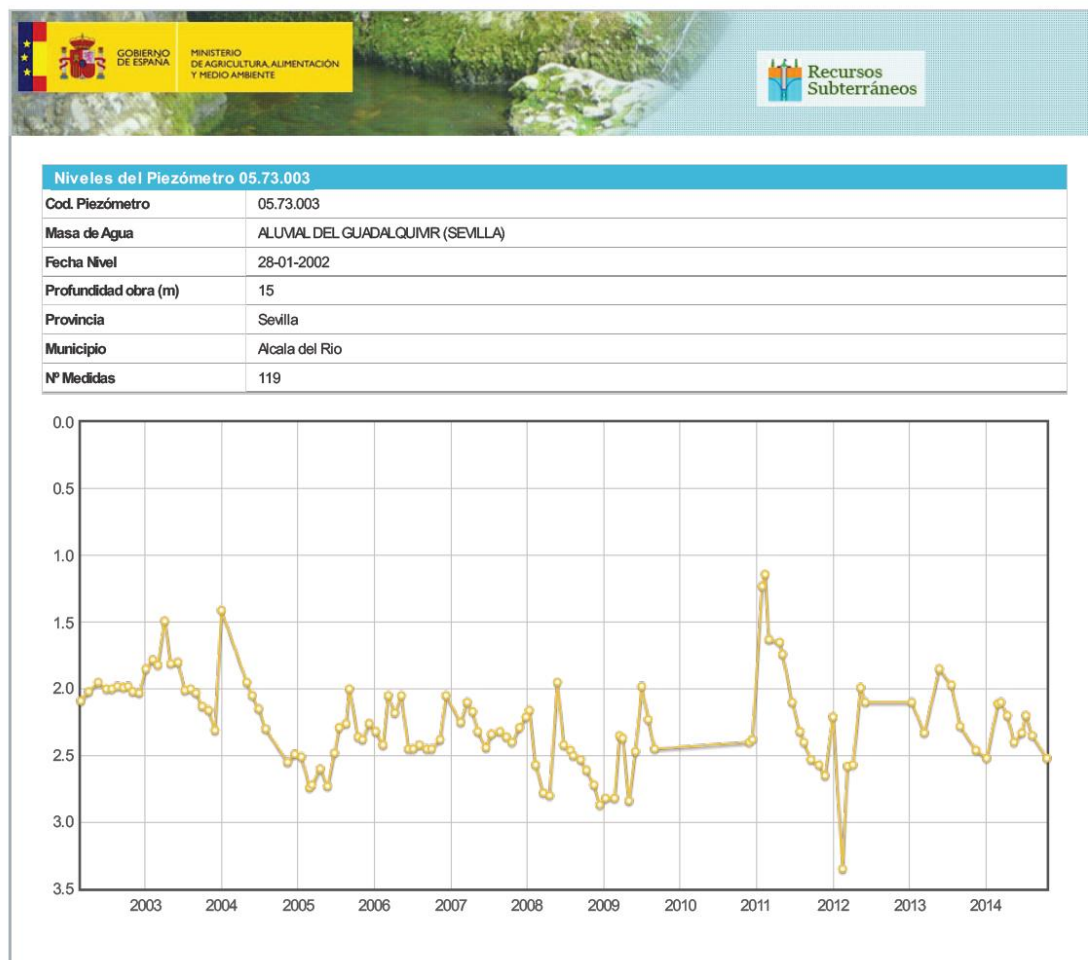


Figura 48. Histórico de datos recogidos del nivel piezométrico.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>

En este histórico, se muestra unos niveles que llegan hasta aproximadamente el metro de profundidad (exactamente es 1,14 metros) por lo que se puede sospechar que en algún momento puede existir problemas de afloramiento de agua en el vaso del embalse. Como este valor fue un caso puntual, se va a calcular de acuerdo a la media de los valores registrados más desfavorables desde el 2003 hasta el 2014 obteniendo un valor aproximado de **2 metros**.

Con estos datos se procederá a hacer un cálculo y dimensionamiento de los drenes. Para ello se usará la ecuación de Hooghoudt:

$$L^2 = \frac{\pi^2 \cdot K \cdot d \cdot t}{U \cdot \ln \cdot \left(1,17 \cdot \frac{h_0}{h_t}\right)}$$

L: Espaciamiento entre tubos (m).

K: Conductividad hidráulica (m/d).

d: Profundidad equivalente de Hooghoudt (m) en función de L, (Di-Dd) y r.

t: Tiempo requerido para que descienda el nivel freático (días).

U: Coeficiente de almacenamiento o porosidad drenable (U= porosidad total – capacidad de campo).

ho: Altura desde el nivel de los drenes hasta el nivel freático cuando éste se eleva casi instantáneamente por efecto de la lluvia o el riego (m).

ht: Altura desde el nivel de los drenes hasta el nivel freático cuando éste ha descendido totalmente por efecto de los drenes (m).

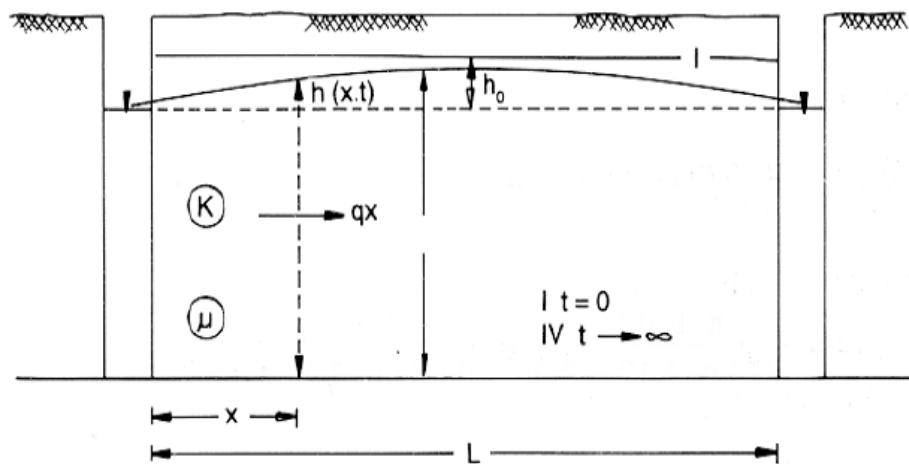


Figura 49. Dibujo que detalla la fórmula de Glover-Dumm y en que se detalla la situación antes y después de la elevación instantánea de la capa freática (modelo de flujo no permanente para usar la ecuación de Glover-Dumm).

Fuente: http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p211-233.pdf

A continuación, se realizará los cálculos pertinentes, para ello se partirá de los siguientes datos:

- $K = 3 \text{ m/d}$
- Profundidad de los drenes = 1,5 m
- $h_o = 1,0 \text{ m}$
- $h_t = 0,10 \text{ m}$
- $D = \text{profundidad de la capa impermeable} - \text{profundidad de los drenes} = 16,70 - 1,5 = 15,2 \text{ m}$
- $U = 0,27$
- $t = 1 \text{ días}$
- r: Radio de la tubería de los drenes = 200 mm
- Capacidad de campo = $0,48 A_c + 0,162 L + 0,023 A_r + 2,62$
- Porosidad = 39%
- Tipo de suelo = limo-arenoso

$$L^2 = \frac{\pi^2 \cdot K \cdot d \cdot t}{U \cdot \ln(1,17 \cdot \frac{h_o}{h_t})} = \frac{\pi^2 \cdot 3 \cdot d \cdot 1}{0,27 \cdot \ln(1,17 \cdot \frac{1}{0,10})} \rightarrow L = 6,678 \cdot d^{0,5}$$

Para $L = 9 \text{ m}$

$$\Delta = \frac{D}{r} = \frac{15,2}{200/2000} = 152$$

$$\lambda = \frac{L}{r} = \frac{9}{200/2000} = 90$$

Ya que δ depende de Δ y λ , mirando la tabla 40.

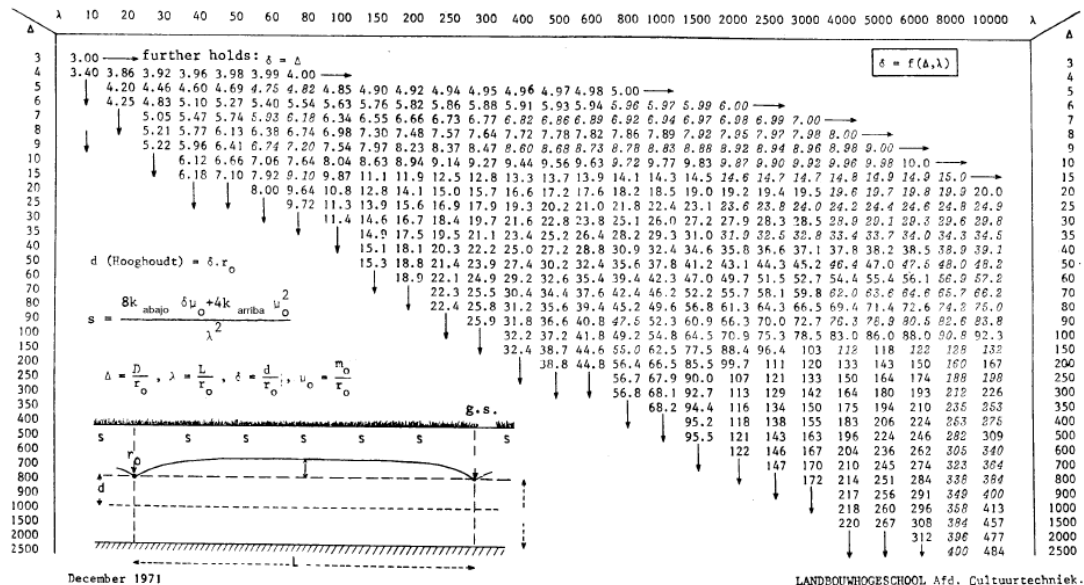


Tabla 41. Tabla de valores δ para calcular la profundidad equivalente de Hooghoudt.

Fuente: http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriadados/libro_el_cultivo_cana/libro_p211-233.pdf

Como en la tabla 40 los valores para referenciar δ no vienen específicamente para los valores Δ y λ propuestos, se va a sacar mediante una fórmula que se ajuste más a los valores dados observándose que el valor más aproximado para δ es de 17,54.

Δ	δ (valores reales de la tabla)	δ corregido
4	4	4,21
5	4,83	5,02
6	5,58	5,69
7	6,26	6,26
8	6,86	6,75
9	7,37	7,18
10	7,84	7,57
15	9,48	9,05
20	10,22	10,11
25	10,51	10,92
30	11,4	11,59
35		12,16
40		12,65
50		13,46
60		14,13
70		14,70
80		15,19
90		15,62
100		16,00
110		16,35
120		16,67
130		16,97
140		17,24
150		17,49
152		17,54

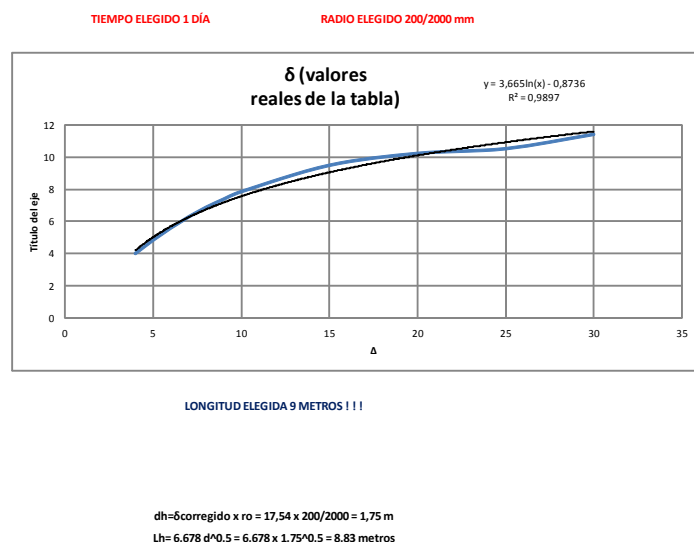


Tabla 42. Gráfica que determina el procedimiento mediante Excel para obtener el valor de δ buscado.

h_t : Altura desde el nivel de los drenes hasta el nivel freático cuando éste ha descendido totalmente por efecto de los drenes (m)

d : Profundidad equivalente de Hooghoudt (m) en función de L , $(D_i - D_d)$ y r

M : Longitud del dren (m)

L : Espaciamiento entre drenes (m)

Procediendo a meter los siguientes datos en la fórmula anterior y operando.

- K : 3 m/d
- h_o : 1 m
- $h_t = 0,10$ m
- $d = 1,75$ m
- $M = 18$ m
- $L = 9$ m
- $D' = 2,3$ m

$$Q = \frac{0,073 \cdot 3 \cdot 2,3}{9} \cdot 1 \cdot 18 = 3,00 \text{ litros/segundo}$$

Estos **3,00 l/s** es lo que evacua cada dren por lo que hay que ver el caudal que se va a depositar en cada zanja.

Seguidamente se realizará el cálculo para conocer el diámetro que van a tener los drenes mediante la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

v : Velocidad (m/s).

n : Número de Manning

R_h : Radio hidráulico (área/perímetro mojado)

S : Pendiente (m/m)

El número de Manning se saca de la tabla 42.

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING DE MATERIALES			
Material	n		Material
Plástico (PE, PVC)	0,006-0,010		Fundición
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,009		Hormigón
Acero	0,010-0,011		Hormigón revestido con gunita
Hierro galvanizado	0,015-0,017		Revestimiento bituminoso

Tabla 43. Número de manning para distintos materiales.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3rmula_de_Manning

Ya que el dren va a estar compuesto de plástico se usará un valor de n medio comprendido en 0,008.

v: Velocidad (m/s)

$$n = 0,008$$

$$R_h = D/4$$

$$S = 1\%$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2} = \frac{1}{0,008} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot 0,01^{1/2} = 4,96 \cdot D^{2/3}$$

Para relacionar el caudal con la velocidad se usa la fórmula:

$$Q = v \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

Q: Caudal (m³/s)

v: Velocidad (m/s)

D: Diámetro (m)

$$0,001 = 4,96 \cdot D^{2/3} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \rightarrow D = \left(\frac{0,001 \cdot 4}{4,96 \cdot \pi}\right)^{3/8} = 0,045 \text{ m} = 45 \text{ mm}$$

El diámetro de los tubos de los drenes va a ser de 45 mm.

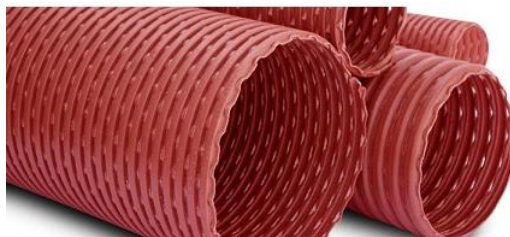


Figura 51. Ejemplo de tubos drenes.

Fuente: http://www.aguamarket.com/sql/productos/fotos/tubo_drenaje_flexadren.jpg

Según la figura 51 se puede ver que hay un tubo que recoge el agua de dos drenes, por lo que se procede al cálculo para conocer su diámetro.

$$D = \left(\frac{0,002 \cdot 4}{4,96 \cdot \pi} \right)^{3/8} = 0,058 \text{ m} = 58 \text{ mm}$$

El diámetro del tubo comercial que está conectado a los drenes va a ser de 60 mm.

Finalmente en la misma figura XX hay un colector en el que desagua el tubo que está conectado a los dos drenes anteriores más uno adicional. Para conocer dicho diámetro se procede a los cálculos anteriores pero variando el caudal (3 veces el caudal de un dren).

$$D = \left(\frac{0,003 \cdot 4}{4,96 \cdot \pi} \right)^{3/8} = 0,068 \text{ m} = 68 \text{ mm}$$

El diámetro del tubo comercial del colector va a ser de 75 mm.



Figura 52. Ejemplo de tubo colector que elimina el agua drenada.

Fuente: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Drenaje.pdf>

Se ha realizado los cálculos para el caso más desfavorable. Para el otro caso en donde **hay dos drenes, el tubo comercial que va conectado al dren es de 45 mm mientras que el tubo comercial del colector será de 60 mm.**

Hay que explicar que se ha elegido una pendiente del 1% ya que hay poca altura entre donde se va a colocar los drenes y el nivel de la capa freática.

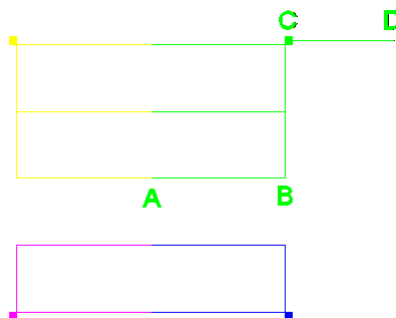


Figura 54. Puntos de cota en los tubos de la red de drenaje.

Partiendo que el punto **A** está a una profundidad de **1,5 metros**.

$$B = A + Pte \cdot L = 1,5 + 0,01 \cdot 18 = \mathbf{1,68 \text{ metros.}}$$

$$C = B + Pte \cdot L = 1,68 + 0,01 \cdot 18 = \mathbf{1,86 \text{ metros.}}$$

$$D = C + Pte \cdot L = 1,86 + 0,01 \cdot 14 = \mathbf{2 \text{ metros.}}$$

De esta manera coincide con la altura del nivel freático por lo que no dará problemas. El agua desaguada por los drenes acabará en una zona fuera del vaso de la balsa por lo que se habrá resuelto el problema que se propuso al principio de este anejo.

Anejo VI
Análisis de estabilidad

ÍNDICE

1. Método de la cuña simple	Página 111
2. Método de Bishop simplificado	Página 116
3. Sifonamiento	Página 122
4. Conclusiones sobre la estabilidad del talud	Página 126

1. Método de la cuña simple

Este método supone una superficie recta de un solo tramo, el cual puede analizarse como una cuña simple con la superficie de falla inclinada un determinado ángulo con la horizontal.

Los datos que se requieren conocer para su análisis son los siguientes:

- Altura del talud H
- Cohesión del suelo C
- Peso específico del suelo γ
- Pendiente del talud β
- Pendiente de la falla θ
- Ángulo de fricción ϕ'

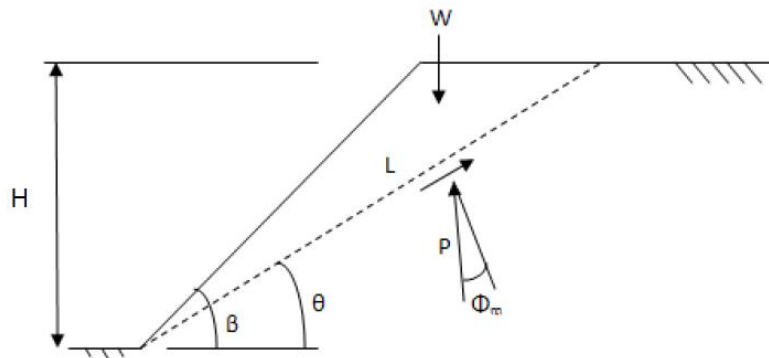


Figura 54. Dibujo que representa los datos del método de la cuña simple.

Fuente: Manual con ejercicios para la modelación matemática y numérica de la estabilidad de taludes, (G. P., Marín Rodríguez et al).

Los para los posteriores cálculos se usan las siguientes fórmulas. Nótese que en el caso del proyecto, $\alpha=0$ ya que la coronación del talud es paralelo a la superficie (no existe ninguna inclinación).

$$\tan \phi_m = \frac{\tan \phi}{F_\phi}$$

$$L = \frac{H}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin (\theta - \alpha)}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{\sin (\beta - \theta)}{\sin^2(\beta)} \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin(\theta - \alpha)} \right)$$

$$C_m = \frac{W}{L} \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \tan \phi_m)$$

$$C_m = \frac{C}{F_C}$$

$$F_{\phi} = F_c$$

Los datos referidos al talud del proyecto son:

- H: 2,23 m
- C: 7,5 T/m²
- γ : 1,80 T/m³
- β : 33,69°
- ϕ' : 20°

Estos datos se han sacado de la tabla 43 para un tipo de suelo de arcilla media.

TIPO DE SUELO	γ (T/m ³)	ϕ (grados)	c (T/m ²)
Bloques y bolos sueltos	1.70	35-40°	-
Grava	1.70	37.5°	-
Grava arenosa	1.90	35°	-
Arena compacta	1.90	32.5-35°	-
Arena semicompacta	1.80	30-32.5°	-
Arena suelta	1.70	27.5-30°	-
Limo firme	2.00	27.5°	1-5
Limo	1.90	25°	1-5
Limo blando	1.80	22.5°	1-2.5
Marga arenosa rígida	2.20	30°	20-70
Arcilla arenosa firme	1.90	25°	10-20
Arcilla media	1.80	20°	5-10
Arcilla blanda	1.70	17.5	2-5
Fango blando arcilloso	1.40	15°	1-2
Suelos orgánicos (turba)	1.10	10-15°	-

Tabla 44. Propiedades físicas de distintos tipos de suelos.

Fuente: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010301.pdf

Mediante una serie de cálculo e iteraciones llegaremos a saber qué factor de seguridad F_c existe para el talud. Para el cálculo del ángulo de inclinación de la falla θ se va a utilizar la siguiente fórmula que relaciona el ángulo crítico de inclinación de la falla.

$$\theta_{\text{crit}} = \frac{\beta + \phi_m}{2}$$

$$\text{Si } F_{\phi}=1$$

$$\phi_m = \arctg\left(\frac{\tan \phi}{F_{\phi}}\right) = \arctg\left(\frac{\tan 20^{\circ}}{1}\right) = 20^{\circ}$$

$$\theta_{\text{crit}} = \frac{\beta + \phi_m}{2} = \frac{33,69^{\circ} + 20^{\circ}}{2} = 26,84^{\circ}$$

$$L = \frac{H}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin (\theta - \alpha)} = \frac{2,23 \text{ m}}{\sin 33,69^{\circ}} \cdot \frac{\sin (33,69^{\circ} - 0^{\circ})}{\sin (26,84^{\circ} - 0^{\circ})} = 4,94 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{\sin (\beta - \theta)}{\sin^2(\beta)} \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin(\theta - \alpha)} \right) = \frac{1}{2} \cdot 1,80 \frac{\text{T}}{\text{m}^3} \cdot (2,23 \text{ m})^2 \cdot \left(\frac{\sin (33,69^{\circ} - 26,84^{\circ})}{\sin^2(33,69^{\circ})} \cdot \frac{\sin(33,69^{\circ} - 0^{\circ})}{\sin(26,84^{\circ} - 0^{\circ})} \right) = 2,13 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

$$C_m = \frac{W}{L} \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \tan \phi_m) = \frac{2,13 \frac{T}{m}}{4,94 m} \cdot (\sin 26,84^\circ - \cos 26,84^\circ \cdot \tan 20^\circ) = 0,055 \frac{T}{m^2}$$

$$F_c = \frac{C}{C_m} = \frac{7,5 \frac{T}{m^2}}{0,055 \frac{T}{m^2}} = 136,36$$

$$F_\phi = F_c \rightarrow 1 \neq 136,36 \rightarrow F_\phi \neq F_c \rightarrow \text{NO VALE}$$

$$\underline{\text{Si } F_\phi = 136,36}$$

$$\phi_m = \arctg\left(\frac{\tan \phi}{F_\phi}\right) = \arctg\left(\frac{\tan 20^\circ}{136,36}\right) = 0,15^\circ$$

$$\theta_{crit} = \frac{\beta + \phi_m}{2} = \frac{33,69^\circ + 0,15^\circ}{2} = 16,92^\circ$$

$$L = \frac{H}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin(\theta - \alpha)} = \frac{2,23 m}{\sin 33,69^\circ} \cdot \frac{\sin(33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin(16,92^\circ - 0^\circ)} = 7,66 m$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin^2(\beta)} \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin(\theta - \alpha)} \right) = \frac{1}{2} \cdot 1,80 \frac{T}{m^3} \cdot (2,23 m)^2 \cdot \left(\frac{\sin(33,69^\circ - 16,92^\circ)}{\sin^2(33,69^\circ)} \cdot \frac{\sin(33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin(16,92^\circ - 0^\circ)} \right) = 68,94 \frac{T}{m}$$

$$C_m = \frac{W}{L} \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \tan \phi_m) = \frac{68,94 \frac{T}{m}}{7,66 m} \cdot (\sin 16,92^\circ - \cos 16,92^\circ \cdot \tan 0,15^\circ) = 2,60 \frac{T}{m^2}$$

$$F_c = \frac{C}{C_m} = \frac{7,5 \frac{T}{m^2}}{2,60 \frac{T}{m^2}} = 2,88$$

$$F_\phi = F_c \rightarrow 136,36 \neq 2,88 \rightarrow F_\phi \neq F_c \rightarrow \text{NO VALE}$$

$$\underline{\text{Si } F_\phi = 2,88}$$

$$\phi_m = \arctg\left(\frac{\tan \phi}{F_\phi}\right) = \arctg\left(\frac{\tan 20^\circ}{2,88}\right) = 7,20^\circ$$

$$\theta_{crit} = \frac{\beta + \phi_m}{2} = \frac{33,69^\circ + 7,20^\circ}{2} = 20,44^\circ$$

$$L = \frac{H}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin(\theta - \alpha)} = \frac{2,23 m}{\sin 33,69^\circ} \cdot \frac{\sin(33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin(20,44^\circ - 0^\circ)} = 6,38 m$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{\sin(\beta-\theta)}{\sin^2(\beta)} \cdot \frac{\sin(\beta-\alpha)}{\sin(\theta-\alpha)} \right) = \frac{1}{2} \cdot 1,80 \frac{T}{m^3} \cdot (2,23 m)^2 \cdot \left(\frac{\sin(33,69^\circ-20,44^\circ)}{\sin^2(33,69^\circ)} \cdot \frac{\sin(33,69^\circ-0^\circ)}{\sin(20,44^\circ-0^\circ)} \right) = 45,64 \frac{T}{m}$$

$$C_m = \frac{W}{L} \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \tan \phi_m) = \frac{45,64 \frac{T}{m}}{6,38 m} \cdot (\sin 20,44^\circ - \cos 20,44^\circ \cdot \tan 7,20^\circ) = 1,65 \frac{T}{m^2}$$

$$F_c = \frac{C}{C_m} = \frac{7,5 \frac{T}{m^2}}{1,65 \frac{T}{m^2}} = 4,54$$

$$F_\phi = F_c \rightarrow 2,88 \neq 4,54 \rightarrow F_\phi \neq F_c \rightarrow \text{NO VALE}$$

$$\underline{\text{Si } F_\phi=4,54}$$

$$\phi_m = \arctg\left(\frac{\tan \phi}{F_\phi}\right) = \arctg\left(\frac{\tan 20^\circ}{4,54}\right) = 4,58^\circ$$

$$\theta_{crit} = \frac{\beta + \phi_m}{2} = \frac{33,69^\circ + 4,58^\circ}{2} = 19,13^\circ$$

$$L = \frac{H}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin(\theta - \alpha)} = \frac{2,23 m}{\sin 33,69^\circ} \cdot \frac{\sin(33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin(19,13^\circ - 0^\circ)} = 6,80 m$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{\sin(\beta-\theta)}{\sin^2(\beta)} \cdot \frac{\sin(\beta-\alpha)}{\sin(\theta-\alpha)} \right) = \frac{1}{2} \cdot 1,80 \frac{T}{m^3} \cdot (2,23 m)^2 \cdot \left(\frac{\sin(33,69^\circ-19,13^\circ)}{\sin^2(33,69^\circ)} \cdot \frac{\sin(33,69^\circ-0^\circ)}{\sin(19,13^\circ-0^\circ)} \right) = 6,19 \frac{T}{m}$$

$$C_m = \frac{W}{L} \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \tan \phi_m) = \frac{6,19 \frac{T}{m}}{6,80 m} \cdot (\sin 19,13^\circ - \cos 19,13^\circ \cdot \tan 4,58^\circ) = 0,23 \frac{T}{m^2}$$

$$F_c = \frac{C}{C_m} = \frac{7,5 \frac{T}{m^2}}{0,23 \frac{T}{m^2}} = 32,61$$

$$F_\phi = F_c \rightarrow 4,54 \neq 32,61 \rightarrow F_\phi \neq F_c \rightarrow \text{NO VALE}$$

$$\underline{\text{Si } F_\phi=32,61}$$

$$\phi_m = \arctg\left(\frac{\tan \phi}{F_\phi}\right) = \arctg\left(\frac{\tan 20^\circ}{32,61}\right) = 0,64^\circ$$

$$\theta_{crit} = \frac{\beta + \phi_m}{2} = \frac{33,69^\circ + 0,64^\circ}{2} = 17,16^\circ$$

$$L = \frac{H}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin (\theta - \alpha)} = \frac{2,23 \text{ m}}{\sin 33,69^\circ} \cdot \frac{\sin (33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin (17,16^\circ - 0^\circ)} = 7,56 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{\sin (\beta - \theta)}{\sin^2 (\beta)} \cdot \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin (\theta - \alpha)} \right) = \frac{1}{2} \cdot 1,80 \frac{\text{T}}{\text{m}^3} \cdot (2,23 \text{ m})^2 \cdot \left(\frac{\sin (33,69^\circ - 17,16^\circ)}{\sin^2 (33,69^\circ)} \cdot \frac{\sin (33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin (17,16^\circ - 0^\circ)} \right) = 7,78 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

$$C_m = \frac{W}{L} \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \tan \phi_m) = \frac{7,78 \frac{\text{T}}{\text{m}}}{7,56 \text{ m}} \cdot (\sin 17,16^\circ - \cos 17,16^\circ \cdot \tan 0,64^\circ) = 0,29 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$F_c = \frac{C}{C_m} = \frac{7,5 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}}{0,29 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}} = 25,86$$

$$F_\phi = F_c \rightarrow 32,61 \neq 25,86 \rightarrow F_\phi \neq F_c \rightarrow \text{NO VALE}$$

$$\underline{\text{Si } F_\phi = 25,86}$$

$$\phi_m = \arctg \left(\frac{\tan \phi}{F_\phi} \right) = \arctg \left(\frac{\tan 20^\circ}{25,86} \right) = 0,81^\circ$$

$$\theta_{\text{crit}} = \frac{\beta + \phi_m}{2} = \frac{33,69^\circ + 0,81^\circ}{2} = 17,25^\circ$$

$$L = \frac{H}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin (\theta - \alpha)} = \frac{2,23 \text{ m}}{\sin 33,69^\circ} \cdot \frac{\sin (33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin (17,25^\circ - 0^\circ)} = 7,52 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left(\frac{\sin (\beta - \theta)}{\sin^2 (\beta)} \cdot \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin (\theta - \alpha)} \right) = \frac{1}{2} \cdot 1,80 \frac{\text{T}}{\text{m}^3} \cdot (2,23 \text{ m})^2 \cdot \left(\frac{\sin (33,69^\circ - 17,25^\circ)}{\sin^2 (33,69^\circ)} \cdot \frac{\sin (33,69^\circ - 0^\circ)}{\sin (17,25^\circ - 0^\circ)} \right) = 7,70 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

$$C_m = \frac{W}{L} \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \tan \phi_m) = \frac{7,70 \frac{\text{T}}{\text{m}}}{7,52 \text{ m}} \cdot (\sin 17,25^\circ - \cos 17,25^\circ \cdot \tan 0,81^\circ) = 0,29 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$F_c = \frac{C}{C_m} = \frac{7,5 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}}{0,29 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}} = 25,86$$

$$F_\phi = F_c \rightarrow 25,86 = 25,86 \rightarrow F_\phi = F_c \rightarrow \text{SÍ VALE}$$

El factor de seguridad F_c para el talud que hay en el proyecto es de 25,86 por lo que se considera un talud bastante estable.

2. Método de Bishop simplificado

El cálculo del método de Bishop simplificado supone la superficie de deslizamiento circular. Es un cálculo por dovelas por lo que la masa deslizante se dividirá en n-dovelas verticales.

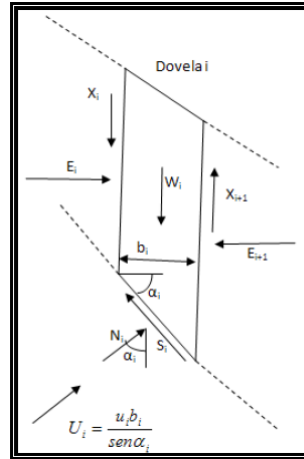


Figura 55. Fuerzas actuantes sobre una dovela vertical.

Fuente: Manual con ejercicios para la modelación matemática y numérica de la estabilidad de taludes, (G. P., Marín Rodríguez et al.).

Estableciendo el equilibrio de momentos de toda la masa deslizante respecto al centro del círculo de deslizamiento se obtiene:

$$F.S = \frac{1}{\sum_{i=1}^n W_i \text{sen } \alpha_i} \sum_{i=1}^n \left[C_i \frac{b_i}{\text{sen } \alpha_i} + N_i \tan \phi_i \right]$$

De la anterior fórmula se puede despejar N_i por lo que sustituyendo y haciendo cumplir que:

$$\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - X_{i+1}) \tan \phi_i' \sec \alpha_i}{1 + \frac{\tan \phi_i' \tan \alpha_i}{F.S}} = 0$$

Por lo que la expresión final queda de la siguiente forma:

$$F.S = \frac{1}{\sum_{i=1}^n W_i \text{sen } \alpha_i} \sum_{i=1}^n \left\{ \left[C_i' b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i' \right] \frac{\sec \alpha_i}{1 + \frac{\tan \phi_i' \tan \alpha_i}{F.S}} \right\}$$

Los datos que se requieren conocer para su análisis son los siguientes:

- Base de la dovela b
- Peso de la dovela W

- Cohesión del suelo C
- Peso específico del suelo γ
- Presión de poros en la base de cada dovela u
- Ángulo de fricción ϕ'
- Ángulo del radio y la vertical en cada dovela α

Para calcular F.S. hay que hacer un proceso iterativo en el que se parte de un F.S. cualquiera y hay que llegar a que ambas F.S. que aparece en la anterior fórmula sean iguales.

Los datos referidos al talud del proyecto son:

- Altura del talud: 2,23 m
- C : 7,5 T/m²
- γ : 1,80 T/m³
- β : 33,69°
- ϕ' : 20°

Para saber la forma que tendrá el círculo deslizante se puede indicar que para altos valores de β y/o ϕ el círculo de falla es de pie. Para bajos valores de ϕ y suelos predominantemente cohesivos se puede producir una falla de círculo profundo. A modo de indicación general se pueden resumir los tipos de fallas según se observa en la figura 57.

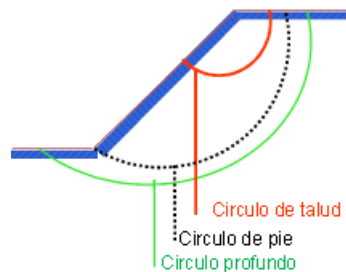


Figura 56. Distintos tipos de fallas.

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

INCLINACION DEL TALUD β	FRICCION INTERNA ϕ	TIPO DE FALLA
Mayor de 45°		Círculo de pie o talud
30° - 45°	menor de 5°	Círculo profundo
	mayor de 5°	Círculo de pie
15° - 30°	menor de 10°	Círculo profundo
	mayor de 10°	Círculo de pie

Tabla 45. Clasificación de los distintos tipos de fallas según β y ϕ .

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

Cálculo del ancho de las dovelas (b)

Longitud del ancho de la falla horizontal = 4,87 m

Se van a usar 10 dovelas

$$b = \frac{4,87 \text{ m}}{10} = 0,49 \text{ m}$$

Ancho de las dovelas 0,49 m

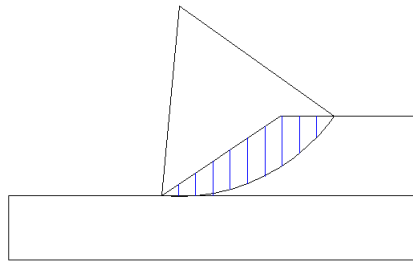


Figura 57. Disposición de las dovelas en la falla.

Cálculo de la altura media (H_m)

Para el cálculo de la altura media se ha usado el programa autocad como se puede ver en la figura 58. Las dovelas están ordenadas de izquierda a derecha en orden ascendente.

$$D_1 = \frac{0 + 0,307}{2} = 0,153 \text{ m}$$

$$D_2 = \frac{0,307 + 0,633}{2} = 0,470 \text{ m}$$

$$D_3 = \frac{0,633 + 0,906}{2} = 0,769 \text{ m}$$

$$D_4 = \frac{0,906 + 1,120}{2} = 1,013 \text{ m}$$

$$D_5 = \frac{1,120 + 1,284}{2} = 1,202 \text{ m}$$

$$D_6 = \frac{1,284 + 1,393}{2} = 1,338 \text{ m}$$

$$D_7 = \frac{1,397 + 1,406}{2} = 1,401 \text{ m}$$

$$D_8 = \frac{1,406 + 1,049}{2} = 1,227 \text{ m}$$

$$D_9 = \frac{1,049 + 0,595}{2} = 0,822 \text{ m}$$

$$D_{10} = \frac{0,595 + 0}{2} = 0,297 \text{ m}$$

Cálculo del área (S)

Para calcular el área se usa la fórmula:

$$S = b \cdot H_m$$

Cálculo del peso (W)

Para calcular el peso se usa la fórmula:

$$W = S \cdot \gamma$$

Ángulo de las dovelas (α)

Para calcular el ángulo de las dovelas se procede según se muestra en la figura 58.

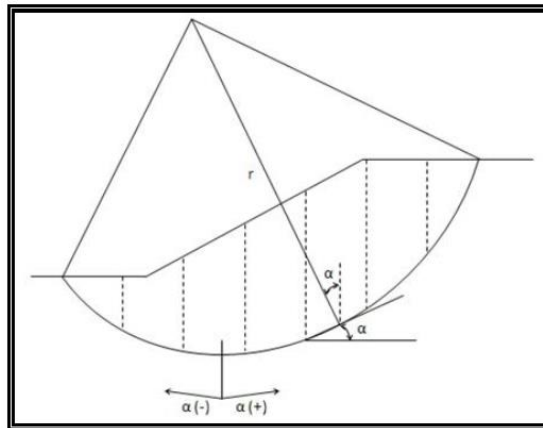


Figura 58. Signo del ángulo alfa.

Fuente: Manual con ejercicios para la modelación matemática y numérica de la estabilidad de taludes, (G. P., Marín Rodríguez et al).

$$D_1 = -2,785^\circ$$

$$D_2 = 2,314^\circ$$

$$D_3 = 7,565^\circ$$

$$D_4 = 12,876^\circ$$

$$D_5 = 18,310^\circ$$

$$D_6 = 23,925^\circ$$

$$D_7 = 29,797^\circ$$

$$D_8 = 36,043^\circ$$

$$D_9 = 42,843^\circ$$

$$D_{10} = 50,522^\circ$$

Cálculo de la altura del nivel freático (h_w)

Ya que el nivel freático se encuentra a dos metros de profundidad, no va a interaccionar con la estabilidad del talud. Por tanto $h_w = 0$.

Cálculo de la presión de los poros (U)

Para calcular U se usa la fórmula:

$$U = \gamma_w \cdot h_w$$

Ya que la altura del nivel freático (h_w) es cero, la presión de los poros es también cero. Por tanto $U = 0$.

Finalmente con estos datos de partida se genera una tabla Excel en donde se van interrelacionando los datos hasta llegar al cálculo de F.S.

V [T/m3]	1.8
C [T/m2]	7.5
φ' [°]	20
γw [9.81 kN/m3]	

sec α $1 + \frac{1}{F} (\tan \phi' \tan \alpha)$																							
Dovela	ancho b [m]	altura h [m]	área A = b·h [m2]	peso W = γ·A [kN]	α [grados]	sen α	tan α	tan φ'	W·sen α	cohesión C·b	Hw	ub = γw·hw·b	W-ub	fricción (W-ub)·tg φ'	coh+fric	sec α	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Resistencia del arco			
																	F.S.= 13	F.S.=14.668	F.S.=14.691	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
1	0.490	0.153	0.075	0.135	-2.785	-0.048	-0.049	0.364	-0.006	3.675	0	0	0.135	0.049	3.724	1.001	1.002	1.002	1.002	3.733	3.732	3.732	
2	0.490	0.470	0.230	0.415	2.314	0.040	0.040	0.364	0.017	3.675	0	0	0.415	0.151	3.826	1.001	1.000	1.000	1.000	3.825	3.826	3.826	
3	0.490	0.769	0.377	0.678	7.565	0.132	0.133	0.364	0.090	3.675	0	0	0.678	0.247	3.922	1.009	1.005	1.006	1.006	3.943	3.944	3.944	
4	0.490	1.013	0.496	0.893	12.876	0.223	0.228	0.364	0.199	3.675	0	0	0.893	0.325	4.000	1.026	1.019	1.020	1.020	4.078	4.081	4.081	
5	0.490	1.202	0.589	1.060	18.310	0.314	0.331	0.364	0.333	3.675	0	0	1.060	0.386	4.061	1.053	1.043	1.044	1.044	4.137	4.241	4.241	
6	0.490	1.338	0.656	1.180	23.925	0.406	0.444	0.364	0.479	3.675	0	0	1.180	0.430	4.105	1.094	1.081	1.082	1.082	4.435	4.441	4.442	
7	0.490	1.401	0.686	1.236	29.797	0.497	0.573	0.364	0.614	3.675	0	0	1.236	0.450	4.125	1.152	1.134	1.136	1.136	4.677	4.685	4.685	
8	0.490	1.227	0.601	1.082	36.043	0.588	0.728	0.364	0.636	3.675	0	0	1.082	0.394	4.069	1.237	1.212	1.215	1.215	4.933	4.944	4.944	
9	0.490	0.822	0.403	0.725	42.843	0.680	0.927	0.364	0.493	3.675	0	0	0.725	0.264	3.939	1.364	1.329	1.333	1.333	5.237	5.252	5.252	
10	0.490	0.297	0.146	0.262	50.522	0.772	1.214	0.364	0.202	3.675	0	0	0.262	0.095	3.770	1.573	1.521	1.527	1.527	5.736	5.757	5.758	
															Σ	39.541					44.833	44.905	44.905
															Σ	3.057					14.668	14.691	14.691
															F.S. aprox								
															Σ	12.936							

Tabla 46. Tabla que muestra los cálculos realizados para obtener F.S.

Una vez realizado todos los cálculos se obtiene que el factor de seguridad (F.S.) para el talud propuesto en el proyecto es 14,691 por lo que es un talud muy estable frente al proceso de rotura por falla.

3. Sifonamiento

El sifonamiento es el desarrollo progresivo de erosión interna en una presa u obra de tierra, por infiltración, que aparece aguas abajo en forma de agujero por el que mana agua y material de acarreo. Esto implicará la anulación de las fuerzas de contacto entre las partículas de suelo, lo cual lleva asociado la anulación de la resistencia al corte del terreno, comportándose éste como un fluido. Esto ocurre empíricamente cuando la tensión efectiva del suelo en un punto cualquiera se hace cero.

Para realizar el cálculo de si existe sifonamiento verticalmente se utilizará la siguiente fórmula.

$$\sigma'_B = \sigma_B + U_B = 0$$

σ'_B : Tensión efectiva en el punto B.

σ_B : Tensión en el punto B.

U_B : Tensión intersticial en el punto B.

Para la realización del cálculo del sifonamiento en el proyecto se tendrá en cuenta la tabla 46.

1. DATOS ADMINISTRATIVOS	
Nº Sondeo	4854
Hoja E:1:50000 (IGN)	962
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS, SONDEO HIDROGEOLOG.
Medida	ESTIMADAMPRE<1.50.000
Año Construcción	51

2. DATOS GEOGRAFICOS	
Provincia	Sevilla
Municipio	Alcala del Río
Demarcación Hidrográfica	GUADALQUIVR
Coordenada X (UTM)	237.200
Coordenada Y (UTM)	4.156.700
Huso	30
Cota (msnm)	10

3. DATOS TECNICOS DEL SONDEO	
Método de perforación	ROTACION
Profundidad del sondeo (m)	19,50
Nivel del agua (m)	4,30
Fecha nivel	01/12/1951
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	S

Litología			
De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	3	CUAT. INDIFERENCIADO	SUELO ORGANICO
3	9,30	CUAT. INDIFERENCIADO	LIMOS Y ARENAS
9,30	16,70	CUAT. INDIFERENCIADO	GRANULOS Y ARENAS
16,70	17,10	DESCONOCIDO	ARCILLAS
17,10	19,50	PLIOCENO	MARGAS

Tramos Filtrantes	
De (m)	Hasta (m)

Entubaciones			
De (m)	Hasta (m)	Diametro (mm)	Tipo
0,10	17,10	80	SE DESCONOCE
17,10	19,50	80	NO ENTUBADO

Cementación	
De (m)	Hasta (m)

Tabla 47. Datos del terreno.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>

Los datos de los pesos específicos de las distintas capas del suelo son:

- $\gamma_{\text{limos-arena}} = 1,90 \text{ T/m}^3$
- $\gamma_{\text{arcilla}} = 1,90 \text{ T/m}^3$
- $\gamma_{\text{grava-arena}} = 1,90 \text{ T/m}^3$
- $\gamma_{\text{margas}} = 2,20 \text{ T/m}^3$
- $\gamma_{\text{suelo orgánico}} = 1,10 \text{ T/m}^3$

Mientras que la porosidad en las distintas capas del suelo es:

- $n_{\text{limos-arena}} = 34\%$
- $n_{\text{arcilla}} = 43\%$
- $n_{\text{grava-arena}} = 46\%$
- $n_{\text{margas}} = 34\%$
- $n_{\text{suelo orgánico}} = 82\%$

Cálculo del peso en saturación (γ_{sat})

Para calcular el peso en saturación γ_{sat} se va a tomar en consideración que el suelo presenta una porosidad y cuando dicho suelo se sumerge esa agua queda en los poros por lo que aumenta el peso propio del suelo.

$$\gamma_{\text{sat}} = \gamma + \gamma_w \cdot n$$

Donde:

γ : Peso específico (T/m^3)

γ_w : Peso específico del agua (T/m^3)

n : Porosidad (%)

Por tanto, los valores de peso específico saturado de los horizontes que componen el suelo es:

- Limos-arenas $\rightarrow \gamma_{\text{sat}} = 1,90 \text{ T/m}^3 + (1 \text{ T/m}^3 \cdot 0,34) = 2,24 \text{ T/m}^3$
- Gravas-arenas $\rightarrow \gamma_{\text{sat}} = 1,90 \text{ T/m}^3 + (1 \text{ T/m}^3 \cdot 0,46) = 2,36 \text{ T/m}^3$
- Arcillas $\rightarrow \gamma_{\text{sat}} = 1,90 \text{ T/m}^3 + (1 \text{ T/m}^3 \cdot 0,43) = 2,33 \text{ T/m}^3$
- Margas $\rightarrow \gamma_{\text{sat}} = 2,20 \text{ T/m}^3 + (1 \text{ T/m}^3 \cdot 0,34) = 2,54 \text{ T/m}^3$
- Suelo orgánico $\rightarrow \gamma_{\text{sat}} = 1,10 \text{ T/m}^3 + (1 \text{ T/m}^3 \cdot 0,82) = 1,92 \text{ T/m}^3$

Cálculo del gradiente hidráulico (i)

Para el cálculo del gradiente hidráulico se usará la fórmula:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Δh : Diferencia de altura de la columna de agua entre dos puentes (mca)

L: longitud del estrato o zona por donde va a pasar el agua (m)

El cálculo del gradiente hidráulico es importante para conocer si hay el fenómeno de sifonamiento o ebullición por el que a una determinada profundidad el terreno se puede comportar como un líquido. La fórmula del gradiente hidráulico crítico es:

$$i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$$

γ_{sat} : Peso específico en saturación del suelo (T/m³)

γ_w : Peso específico del agua (T/m³)

- Limos-arenas

$$i = \frac{7,30-1}{6,30} = 1$$

$$i_c = \frac{2,24 - 1}{1} = 1,24$$

$$\left. \begin{array}{l} i \\ i_c \end{array} \right\} \begin{array}{l} i < i_c \\ 1 < 1,24 \end{array}$$

No se produce sifonamiento puesto que el gradiente hidráulico es menor que el gradiente hidráulico crítico

- Gravas-arenas

$$i = \frac{(7,40+6,30+1)-(6,30+1)}{7,4} = 1$$

$$i_c = \frac{2,36 - 1}{1} = 1,36$$

$$\left. \begin{array}{l} i \\ i_c \end{array} \right\} \begin{array}{l} i < i_c \\ 1 < 1,36 \end{array}$$

No se produce sifonamiento puesto que el gradiente hidráulico es menor que el gradiente hidráulico crítico

- Arcillas

$$i = \frac{(0,4+7,40+6,30+1)-(7,4+6,30+1)}{0,4} = 1$$

$$i_c = \frac{2,33 - 1}{1} = 1,33$$

$$\left. \begin{array}{l} i \\ i_c \end{array} \right\} \begin{array}{l} i < i_c \\ 1 < 1,33 \end{array}$$

No se produce sifonamiento puesto que el gradiente hidráulico es menor que el gradiente hidráulico crítico

- Margas

$$i = \frac{(2,4+0,4+7,40+6,30+1)-(0,4+7,4+6,30+1)}{2,4} = 1$$

$$i_c = \frac{2,54 - 1}{1} = 1,54$$

$$\left. \begin{array}{l} i \\ i_c \end{array} \right\} \begin{array}{l} i < i_c \\ 1 < 1,54 \end{array}$$

No se produce sifonamiento puesto que el gradiente hidráulico es menor que el gradiente hidráulico crítico

- Suelo orgánico

$$i = \frac{1-0}{1} = 1$$

$$i_c = \frac{1,92 - 1}{1} = 0,92$$

$$\left. \begin{array}{l} i > i_c \\ 1 > 0,92 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Se produce sifonamiento puesto} \\ \text{que el gradiente hidráulico es} \\ \text{mayor que el gradiente hidráulico} \\ \text{crítico} \end{array} \right.$$

El fenómeno de sifonamiento se produce en el horizonte donde hay suelo orgánico. A continuación se calculará a qué profundidad ocurre.

Cálculo de la profundidad de sifonamiento (d)

En esta ocasión se va a recurrir a una fórmula que dice que el sifonamiento o ebullición se producirá cuando la tensión efectiva en un punto sea igual a cero.

$$\sigma'_B = \sigma_B - U_B = 0 \rightarrow \sigma_B = U_B$$

σ'_B : Tensión efectiva en el punto B

σ_B : Tensión en el punto B

U_B : Tensión intersticial en el punto B

Primeramente se va a realizar el cálculo para un nivel freático estable a una profundidad de 2 metros que es la profundidad que se ha usado para el anejo V “Diseño de la red de drenaje”.

- Nivel freático a 2 metros de profundidad

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_B = 1,92 \cdot z \text{ (T/m}^2\text{)} \cdot (\text{m}) \\ \frac{U_B}{\gamma_w} = 1(\text{m}) \rightarrow U_B = 1 \text{ T/m}^2 \end{array} \right\} z = \frac{1}{1,92} = 0,52 \text{ m}$$

$$d + z = 3 \text{ (m)} \rightarrow d = 3(\text{m}) - 0,52 \text{ (m)} = 2,48 \text{ m}$$

El sifonamiento se producirá a una profundidad de unos 2,48 m.

Seguidamente para dar una mayor seguridad a la construcción se va a poner la hipótesis que el nivel freático suba hasta una profundidad de 1 m como puede observarse en el histórico de mediciones.

- Nivel freático a 1 metros de profundidad

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_B = 1,92 \cdot z \text{ (T/m}^2\text{)} \cdot (\text{m}) \\ \frac{U_B}{\gamma_w} = 1(\text{m}) \rightarrow U_B = 1 \text{ T/m}^2 \end{array} \right\} z = \frac{2}{1,92} = 1,04 \text{ m}$$

$$d + z = 3 \text{ (m)} \rightarrow d = 3(\text{m}) - 1,04 \text{ (m)} = 1,95 \text{ m}$$

El sifonamiento se producirá a una profundidad de unos 1,95 m.

Como se puede observar, no va a existir problemas de sifonamiento ya que la zona excavada de la balsa se ha provisto de un sistema de drenaje mientras que para la excavación de los zanjones, éstos tienen una profundidad de 1,60 m por lo que tampoco presentará problemas.

4. Conclusiones sobre la estabilidad del talud

Como se ha visto en los anteriores apartados de este capítulo no se aprecia que vaya a existir problemas en cuanto a un posible desprendimiento de tierra mediante una falla o problemas en lo referente al sifonamiento.

Las características propias del talud hacen que sea bastante estable ya que no tiene una inclinación muy elevada que junto con su altura propician esta estabilidad.

Anejo VII
Electrificación

ÍNDICE

1. Descripción de la instalación	Página 130
2. Objeto del proyecto	Página 132
3. Emplazamiento de la instalación	Página 132
4. Legislación aplicable	Página 132
5. Descripción de la instalación	Página 132
6. Potencia total prevista para la instalación	Página 133
7. Características de la instalación	Página 133
7.1. Origen de la instalación	Página 133
7.2. Línea general	Página 133
7.3. Cuadro general de distribución	Página 134
7.4. Cuadros secundarios y composición	Página 134
8. Instalación de puesta a tierra	Página 136
9. Fórmulas utilizadas	Página 136
9.1. Intensidad máxima admisible	Página 136
9.2. Caída de tensión	Página 137
9.3. Intensidad de cortocircuito	Página 139
10. Cálculos	Página 140
10.1. Sección de las líneas	Página 140
10.2. Cálculo de las protecciones	Página 142
11. Cálculos de puesta a tierra	Página 145
11.1. Resistencia de la puesta a tierra de las masas	Página 145
11.2. Resistencia de la puesta a tierra del neutro	Página 146
11.3. Protección contra contactos indirectos	Página 146
12. Mediciones	Página 147
13. Tabla resumen de dimensionado	Página 148
14. Comprobación	Página 150

1. Descripción de la instalación

La energía que le llegará a la caseta será en BT y proviene de un Centro Transformador de 160 kVA de potencia que está cercano a la caseta como ya se comentó en el capítulo 1.

Las necesidades eléctricas para el funcionamiento de la bomba hidráulica y para las propias de la caseta vienen reflejadas en el siguiente listado.

- Alumbrado exterior de la nave, formado por un circuito monofásico de 3 lámparas de halogenuro metálico de 400 watios la unidad con un factor de potencia de 0,8.
- Un circuito de alumbrado interior de la case compuesto por 2 luminarias de 250 watios la unidad y con un factor de potencia de 0,85.
- Un alumbrado de emergencia, conforme a la normativa de necesidades, formado por 1 punto de luz de hasta 6 watios de potencia.
- Un circuito de fuerza, para 2 bases de enchufes trifásicas de hasta 11 kilowatios la unidad.
- Un circuito de fuerza, para 3 bases de enchufes monofásicos de hasta 500 watios la unidad.

La caseta elegida es un módulo prefabricado de la empresa Remsa (caseta M6 diáfana) de 6,00 metros de largo y 2,44 metros de ancho.



Figura 59. Caseta M6 diáfana Remsa.

Fuente: <http://www.remsa.net/segunda-mano/modulos-prefabricados/modulos-prefabricados/caseta-m6-diafana-usada>

En la siguiente figura se observa un mayor detalle de las dimensiones de la caseta modular.

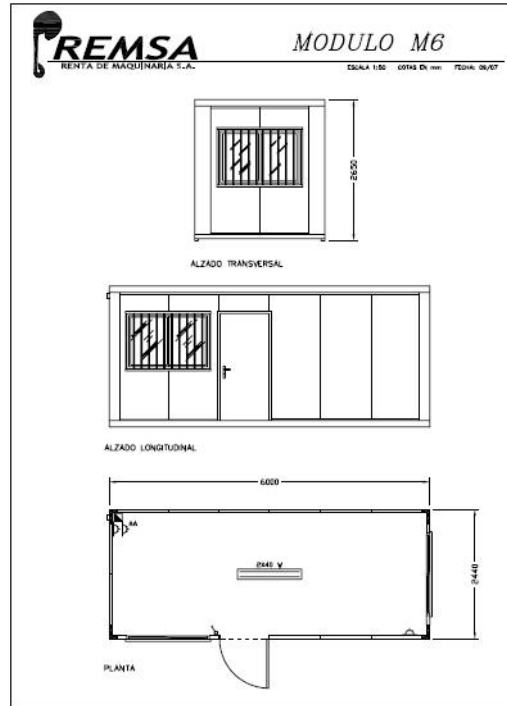


Figura 60. Dimensiones de la caseta M6 diáfana Remsa.

Fuente: <http://www.remsa.net/segunda-mano/modulos-prefabricados/modulos-prefabricados/caseta-m6-diafana-usada>

Para el diseño eléctrico del proyecto se ha usado el programa Cypelec, dando un resultado de elección de líneas y aparamentas conforme a la normativa que viene en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión usada por el programa.

En las siguientes páginas de este capítulo se podrá observar todas las comprobaciones y cálculos que ha hecho Cypelec para dar con la solución propuesta para el diseño eléctrico.

2.- Objeto del proyecto

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 Ha (aprox.) de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

3.- Emplazamiento de la instalación

T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

4.- Legislación aplicable

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- RBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias. UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobreintensidades.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- EN-IEC 60 947-2:1996(UNE - NP): Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- EN-IEC 60 947-2:1996 (UNE - NP) Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- EN-IEC 60 947-3:1999: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- EN-IEC 60 269-1(UNE): Fusibles de baja tensión.
- EN 60 898 (UNE - NP): Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades.

5.- Descripción de la instalación

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobreintensidades. Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- Potencia total prevista para la instalación

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
E-1	25.21
Potencia total demandada	25.21

Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	varios	11.000	2	22.00	22.00
Alumbrado descarga	C-1	0.006	1	0.01	0.01
Alumbrado	C-1	0.400	3	1.70	1.70
	C-1	0.250	2		
Otros usos	varios	0.500	3	1.50	1.50

7.- Características de la instalación

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 15 kA El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 5 G 16

7.2.- Línea general

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	25.21	0.81	Puente	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60269 gL/gG In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG IEC60947-2 Instantáneos In: 63 A; Un: 400 V; Id: 30 mA; (I) Contadores Contador de activa
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos

7.3.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Principal	T	25.21	0.81	4.0	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Circuitos de fuerza	T	23.50	0.81	4.0	Moeller-Medex LH Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3 RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 25 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 25 mm ²
Circuitos de alumbrado	T	1.71	0.82	4.0	Moeller-Medex LH Curva C In: 40 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3 RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 25 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 25 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Principal	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 40 mm
Circuitos de fuerza	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 50 mm
Circuitos de alumbrado	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 50 mm

7.4.- Cuadros secundarios y composición

Circuitos de fuerza

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Enchufes trifásicos	T	22.00	0.80	5.0	Moeller-Medex LH Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3

					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 25 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 25 mm ²
Enchufes monofásicos	M	1.50	0.90	5.0	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ²

Circuitos de alumbrado

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Alumbrado exterior	M	1.20	0.80	12.0	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ²
Alumbrado interior	M	0.50	0.85	8.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ²
Alumbrado emergencia	M	0.01	1.00	20.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Circuitos de fuerza

Esquemas	Tipo de instalación
Enchufes trifásicos	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 50 mm
Enchufes monofásicos	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm

Circuitos de alumbrado

Esquemas	Tipo de instalación
Alumbrado exterior	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm
Alumbrado interior	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm

Alumbrado emergencia	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm
----------------------	----------------------------------------------------------------------------

8.- Instalación de puesta a tierra

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Conductor enterrado horizontal	l = 20 m	50 Ohm·m

El conductor enterrado horizontal puede ser:

- cable de cobre desnudo de 35 mm² de sección,
- pletina de cobre de 35 mm² de sección y 2 mm de espesor, pletina de acero dulce galvanizado de 100 mm² de sección y 3 mm de espesor, cable de acero galvanizado de 95 mm² de sección,
- alambre de acero de 20 mm² de sección, cubierto con una capa de cobre de 6 mm² como mínimo.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- Fórmulas utilizadas

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- Uf: Tensión simple en V
- Ul: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general. Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

– Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

– Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente. En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha (T_{\max} - 20)]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \cdot \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha (T - 20)]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^\circ C} \cdot [1 + \alpha (T_0 - 20)]$$

En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A Iz: Intensidad admisible del cable en A. P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm2
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$

para $0,01 \leq t \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A. t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- ΔT : Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- Cálculos

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
- Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Línea general

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	Iz (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	27.96	0.81	Puente	RZ1 0.6/1 kV 5 G 16	73.0	50.0	0.01	0.01

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (Iz) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Temperatura: 40 °C Caso B- Baio tubo, empotrados o embutidos	1.00

Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	Iz (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Principal	T	27.96	0.81	4.0	RZ1 0.6/1 kV 5 G 16	73.0	50.0	0.1	0.12
Circuitos de fuerza	T	26.25	0.81	4.0	RZ1 0.6/1 kV 5 G 25	95.0	47.0	0.06	0.18
Circuitos de alumbrado	T	1.71	0.82	4.0	RZ1 0.6/1 kV 5 G 25	95.0	3.0	0	0.12

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (Iz) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Principal	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 40 mm	1.00
Circuitos de fuerza	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 50 mm	1.00
Circuitos de alumbrado	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 50 mm	1.00

Cuadros secundarios y composición

Circuitos de fuerza

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	Iz (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Enchufes trifásicos	T	24.75	0.80	5.0	RZ1 0.6/1 kV 5 G 25	95.0	44.7	0.07	0.25
Enchufes monofásicos	M	1.50	0.90	5.0	RZ1 0.6/1 kV 3 G 6	46.0	7.2	0.11	0.29

Circuitos de alumbrado

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	Iz (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Alumbrado exterior	M	1.20	0.80	12.0	RZ1 0.6/1 kV 3 G 6	46.0	6.5	0.21	0.33

Alumbrado interior	M	0.50	0.85	8.0	RZ1 0.6/1 kV 3 G 6	46.0	2.5	0.06	0.18
Alumbrado emergencia	M	0.01	1.00	20.0	RZ1 0.6/1 kV 3 G 6	46.0	0.0	0	0.12

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Circuitos de fuerza

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Enchufes trifásicos	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 50 mm	1.00
Enchufes monofásicos	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm	1.00

Circuitos de alumbrado

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Alumbrado exterior	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm	1.00
Alumbrado interior	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm	1.00
Alumbrado emergencia	Temperatura: 40 °C Caso B- Bajo tubo, empotrados o embutidos. DN: 25 mm	1.00

10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P_{Calc} = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc \text{ máx}}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc \text{ máx}}: T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc \text{ mín}}: T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:

Línea general

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	27.96	T	50.0	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	73.0	81.9	105.9
				IEC60269 gL/gG In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG		100.8	

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	I _{cu} (kA)	I _{cs} (kA)	I _{cc} máx mín (kA)	T _{cable} CC máx CC mín (s)	T _p CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	15.0 7.2	< 0.1 0.10	- 0.02
		IEC60269 gL/gG In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG	100.0	100.0			

Cuadro general de distribución

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	Itc (A)	1.45 x Iz (A)
Principal	27.96	T	50.0	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	73.0	81.9	105.9
Circuitos de fuerza	26.25	T	47.0	Moeller-Medex LH Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3	95.0	72.5	137.8
Circuitos de alumbrado	1.71	T	3.0	Moeller-Medex LH Curva C In: 40 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3	95.0	58.0	137.8

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Principal	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	14.3 5.3	< 0.1 0.19	- 0.02
Circuitos de fuerza	T	Moeller-Medex LH Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3	20.0	10.0	10.6 4.5	0.11 0.62	0.10 0.10
Circuitos de alumbrado	T	Moeller-Medex LH Curva C In: 40 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3	20.0	10.0	10.6 4.5	0.11 0.62	0.10 0.10

Cuadros secundarios y composición

Circuitos de fuerza

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	Itc (A)	1.45 x Iz (A)
Enchufes trifásicos	24.75	T	44.7	Moeller-Medex LH Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3	95.0	72.5	137.8
Enchufes monofásicos	1.50	M	7.2	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	46.0	14.5	66.7

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Enchufes trifásicos	T	Moeller-Medex LH Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3	20.0	10.0	9.1 3.8	0.16 0.87	0.10 0.10
Enchufes monofásicos	M	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.5 2.6	< 0.1 0.11	- 0.10

Circuitos de alumbrado

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	Itc (A)	1.45 x Iz (A)
Alumbrado exterior	1.20	M	6.5	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	46.0	14.5	66.7

Alumbrado interior	0.50	M	2.5	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	46.0	8.7	66.7
Alumbrado emergencia	0.01	M	0.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	46.0	8.7	66.7

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Alumbrado exterior	M	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.5 1.6	< 0.1 0.28	- 0.10
Alumbrado interior	M	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.5 2.1	< 0.1 0.18	- 0.10
Alumbrado emergencia	M	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.5 1.1	< 0.1 0.58	- 0.10

REGULACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las siguientes protecciones tendrán que ser reguladas a las posiciones indicadas a continuación para cumplir las condiciones de sobrecarga y cortocircuito ya establecidas:

Esquemas	Tipo	Protecciones	Regulaciones
Esquema eléctrico	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	I _r = 1 x I _n
Principal	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	I _r = 1 x I _n

siendo:

– I_r = intensidad regulada de disparo en sobrecarga.

11.- Cálculos de puesta a tierra

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalará un conductor de cobre desnudo de 35 milímetros cuadrados de sección en anillo perimetral, embebido en la cimentación del edificio, con una longitud(L) de 20 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = \frac{2 \cdot \rho_o}{L} = \frac{2 \cdot 50}{20} = 5 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y

proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	I _{def} (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	50.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 63 A; Un: 400 V; Id: 30 mA; (I)	28.868	0.030

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- I_{def} = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	50.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 63 A; Un: 400 V; Id: 30 mA; (I)	0.015	0.002

12.- Mediciones

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
----------	--------------

RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	22.5
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm ² . Unipolar	65.0
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm ² . Unipolar	135.0

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 12 mm	0.5
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 40 mm	4
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 50 mm	13
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 25 mm	45

Medición de protecciones

Fusibles	Cantidad
IEC60269 gL/gG In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG	3

Magnetotérmicos	Cantidad
M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	2
Moeller-Medex LH Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	2
EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	2
Moeller-Medex LH Curva C In: 40 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	2

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 63 A; Un: 400 V; Id: 30 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	1

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

13.- Tabla resumen de dimensionado

INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN

	CÁLCULO DE:	INTENSIDAD:	CAIDA DE TENSIÓN (%)		ALUMBRADO
FÓRMULAS Y TABLAS A APLICAR	Líneas Trifásicas:	$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} \text{ (A)}$	$W(\%) = \frac{W \cdot m}{K \cdot mm^2 \cdot V} \cdot \frac{100}{V}$	$I = \frac{1,8 \cdot W \text{ (descarga)} + W' \text{ (incandescente)}}{V} \text{ (A)}$	
	Líneas Monofásicas:	$I = \frac{W}{V \cdot \cos \phi} \text{ (A)}$	$W(\%) = \frac{W \cdot m \cdot 2}{K \cdot mm^2 \cdot V} \cdot \frac{100}{V}$		

K	Cu = 56
	Al = 35

TRAMO	Factor Silmult. (%)	Potencia kW	Longitud m	Intens. A	Sección Por fase mm²	Caída de tensión		Caract. conductor		Tipo de canalización				Conduc. Neutro mm²	Conduc. Protec. mm²
						Parcial (%)	Total (%)	Tipo	Tensión nom. Aisl.	Sin tubo protector	Bajo tubo: :b Vã Öm		Cond. Ent. Prof. m		
											empotrado	Sin emp.			
Esquema eléctrico	1.00	27.96	Puente	50.04	16.00	0.01	0.01	Cobre	1000.00 V	-		-	-	16.00	16.00
Principal	1.00	27.96	4.00	50.04	16.00	0.10	0.12	Cobre	1000.00 V	-	DN: 40	-	-	16.00	16.00
Circuitos de fuerza	1.00	26.25	4.00	47.02	25.00	0.06	0.18	Cobre	1000.00 V	-	DN: 50	-	-	25.00	25.00
Enchufes trifásicos	1.00	24.75	5.00	44.65	25.00	0.07	0.25	Cobre	1000.00 V	-	DN: 50	-	-	25.00	25.00
Enchufes monofásicos	1.00	1.50	5.00	7.22	6.00	0.11	0.29	Cobre	1000.00 V	-	DN: 25	-	-	6.00	6.00
Circuitos de alumbrado	1.00	1.71	4.00	3.02	25.00	0.00	0.12	Cobre	1000.00 V	-	DN: 50	-	-	25.00	25.00
Alumbrado exterior	1.00	1.20	12.00	6.50	6.00	0.21	0.33	Cobre	1000.00 V	-	DN: 25	-	-	6.00	6.00
Alumbrado interior	1.00	0.50	8.00	2.55	6.00	0.06	0.18	Cobre	1000.00 V	-	DN: 25	-	-	6.00	6.00
Alumbrado emergencia	1.00	0.01	20.00	0.05	6.00	0.00	0.12	Cobre	1000.00 V	-	DN: 25	-	-	6.00	6.00

Nota: 1.- Estas fórmulas y tablas se indican a modo de ejemplo orientativo para facilitar los cálculos.

14.- Comprobación

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
T. Tierra masas de baja tensión: - Resistencia: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4</i>	Máximo: 800 Ohm Calculado: 5 Ohm	Cumple
Esquema eléctrico Línea RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: - Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> - Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.01 %): <i>Reglamento ITC-BT-15, Apartado 3</i> - Sección 16 mm ² - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> - Sección mínima de neutro: <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> - Debe tener línea principal de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> - La tierra va junto con los conductores activos: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> - La línea principal y derivaciones de tierra son de cobre: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> - Sección línea principal de tierra:	Máximo: 73 A Calculado: 50.04 A Máximo: 1.5 % Calculado: 0.01 % Sección normalizada y definida Mínimo: 16 mm ² Calculado: 16 mm ² Tiene tierra Misma canalización Tierra: Cobre Calculado: 16 mm ² Mínimo: 16 mm ² Mínimo: 0.03 mm ²	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Esquema eléctrico Protección E-1 In: 63 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Un = 690 V >= 400 V = U	Cumple
Esquema eléctrico Protección E-3 In: 63 A: - El fusible debe ser de tipo gG/gL: <i>IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Apartado 5.7.1 Fusible tipo gG para protección de líneas y Apartado 5.6.3 Tabla 3.</i> - El calibre del fusible está normalizado: <i>IEC 60269-1 (UNE 21-103-91/ EN 60 269-1) Apartado 5.3.1 y 5.6.3</i> - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Tipo gL/gG In = 63.0 A Un = 400 V >= 400 V = U	Cumple Cumple Cumple
Esquema eléctrico Protección E-4 Id: 30 mA: - El calibre del diferencial es valor comercial: <i>Es conveniente usar diferenciales con valores de intensidad nominal comercial.</i> - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	In = 63 A Un = 400 V >= 400 V = U	Cumple Cumple
Esquema eléctrico Protecciones a cortocircuito: - P. corte de servicio es 100% de P. corte último: <i>Recomendado para protecciones cercanas a la acometida de la instalación</i> - Poder corte suficiente a Un = 400 V: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Ics = 100 % Icu Mínimo: 15 kA Calculado: 25 kA Calculado: 100 kA	Cumple Cumple Cumple

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
Esquema eléctrico Prot./Lín.: E-4 Id: 30 mA / RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad \leq I nominal protección: <i>La intensidad nominal del diferencial debe ser mayor a la que circula por la línea.</i> - I defecto > sensibilidad diferencial: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i> - Sensibilidad diferencial/2 > I fugas línea: <i>Las corrientes de fugas estimadas por las capacidades parásitas de los cables no deben hacer saltar el diferencial.</i> 	$I_b = 50.04 \text{ A} \leq 63.00 \text{ A} = I_n$ $I_{def} = 28.868 \text{ A} > 0.030 \text{ A} = I_{\Delta}$ $I_{\Delta}/2 = 0.015 \text{ A} > 0.002 \text{ A} = I_f$	Cumple Cumple Cumple
Esquema eléctrico Calibre Protección E-1 In: 63 A: <ul style="list-style-type: none"> - I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i> 	Máximo: 63 A Calculado: 63 A	Cumple
Esquema eléctrico Calibre Protección E-3 In: 63 A: <ul style="list-style-type: none"> - I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i> 	Máximo: 63 A Calculado: 63 A	Cumple
Esquema eléctrico Calibre Protección E-4 Id: 30 mA: <ul style="list-style-type: none"> - I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i> 	Máximo: 63 A Calculado: 63 A	Cumple
Esquema eléctrico Prot./Lín.: E-1 In: 63 A / RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad \leq I nominal protección: - I nominal protección \leq I admisible cable: 	$I_b = 50.04 \text{ A} \leq 63.00 \text{ A} = I_n$ $I_n = 63.00 \text{ A} \leq 73.00 \text{ A} = I_z$	Cumple Cumple
Esquema eléctrico Prot./Lín.: E-3 In: 63 A / RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad \leq I nominal protección: - I nominal protección \leq I admisible cable: 	$I_b = 50.04 \text{ A} \leq 63.00 \text{ A} = I_n$ $I_n = 63.00 \text{ A} \leq 73.00 \text{ A} = I_z$	Cumple Cumple
Esquema eléctrico Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: <ul style="list-style-type: none"> - I tiempo convencional ≤ 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> - $I_{cc, \text{máx.}} = 15.0 \text{ kA}$: $k^2 S^2 > I^2 t$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para $t_{\text{cable}} < 0.1 \text{ s}$, $k^2 S^2$ del cable $> I^2 t$ de la protección</i> - $I_{cc, \text{mín.}} = 7.2 \text{ kA}$: t admisible cable $> t$ disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t_{cable} entre 0.1 s y 5 s, $t_{\text{cable}} > t_{\text{proteccion}}$</i> 	$I_2 = 81.90 \text{ A} \leq 105.85 \text{ A} = 1.45 \times I_z k^2 S^2 =$ $5234944 > 27000 = I^2 t \text{ (A}^2 \text{s)}$ $t_{adm} = 0.10 \text{ s} > 0.02 \text{ s}$ $= t_d$	Cumple Cumple Cumple
Principal (01) Línea RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> - Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.10 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> - Sección 16 mm^2 - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> - Sección mínima de neutro: <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> 	Máximo: 73 A Calculado: 50.04 A Máximo: 5 % Calculado: 0.12 % Sección normalizada y definida Mínimo: 16 mm^2 Calculado: 16 mm^2	Cumple Cumple Cumple Cumple

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
- Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i>	Mínimo: 16 mm ² Calculado: 16 mm ²	Cumple
- Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Mínimo: 40 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Principal (01) Protección E-1 In: 63 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Un = 690 V >= 400 V = U	Cumple
Principal (01) Protecciones a cortocircuito: - P. corte de servicio es 100% de P. corte último: <i>Recomendado para protecciones cercanas a la acometida de la instalación</i> - Poder corte suficiente a Un = 400 V: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Ics = 100 % Icu Mínimo: 14.331 kA Calculado: 25 kA	Cumple Cumple
Principal (01) Calibre Protección E-1 In: 63 A: - I nominal protección >= I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 63 A Calculado: 50 A	Cumple
Principal (01) Prot./Lín.: E-1 In: 63 A / RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> - Intensidad <= I nominal protección: - I nominal protección <= I admisible cable:	Ib = 50.04 A <= 63.00 A = In In = 63.00 A <= 73.00 A = Iz	Cumple Cumple
Principal (01) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 5 G 16: - I tiempo convencional <= 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> - Icc,máx. = 14.3 kA: $k^2S^2 > I^2t$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable < 0.1s, k^2S^2 del cable > I^2t de la protección</i> - Icc,mín. = 5.3 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable > tproteccion</i>	$I_2 = 81.90 \text{ A} \leq 105.85 \text{ A} = 1.45 \times I_z \text{ k}^2\text{S}^2 =$ 5234944 > 337348 = $I^2t \text{ (A}^2\text{s)}$ tadm = 0.19s > 0.02s = td	Cumple Cumple Cumple
Circuitos de fuerza (0101) Línea RZ1 0.6/1 kV 5 G 25: - Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> - Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.06 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> - Sección 25 mm ² - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> - Sección mínima de neutro: <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> - Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> - Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Máximo: 95 A Calculado: 47.02 A Máximo: 5 % Calculado: 0.18 % Sección normalizada y definida Mínimo: 25 mm ² Calculado: 25 mm ² Mínimo: 16 mm ² Calculado: 25 mm ² Mínimo: 50 mm Calculado: 50 mm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Circuitos de fuerza (0101) Protección E-1 In: 50 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Un = 415 V >= 400 V = U	Cumple

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
Circuitos de fuerza (0101) Protecciones a cortocircuito: - Poder corte suficiente a $U_n = 400\text{ V}$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 10.562 kA Calculado: 20 kA	Cumple
Circuitos de fuerza (0101) Calibre Protección E-1 In: 50 A: - I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 50 A Calculado: 50 A	Cumple
Circuitos de fuerza (0101) Prot./Lín.: E-1 In: 50 A / RZ1 0.6/1 kV 5 G 25: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> - Intensidad \leq I nominal protección: - I nominal protección \leq I admisible cable:	$I_b = 47.02\text{ A} \leq 50.00\text{ A} = I_n$ $I_n = 50.00\text{ A} \leq 95.00\text{ A} = I_z$	Cumple Cumple
Circuitos de fuerza (0101) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 5 G 25: - I tiempo convencional ≤ 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> - Icc,máx. = 10.6 kA: t admisible cable $>$ t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t cable entre 0.1s y 5s, t cable $>$ tproteccion</i> - Icc,mín. = 4.5 kA: t admisible cable $>$ t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t cable entre 0.1s y 5s, t cable $>$ tproteccion</i>	$I_2 = 72.50\text{ A} \leq 137.75\text{ A} = 1.45 \times I_z \text{ tadm} = 0.11\text{ s}$ $> 0.10\text{ s} = t_d$ $t_{adm} = 0.62\text{ s} > 0.10\text{ s} = t_d$	Cumple Cumple Cumple
Enchufes trifásicos (010101) Línea RZ1 0.6/1 kV 5 G 25: - Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> - Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.07 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> - Sección 25 mm ² - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> - Sección mínima de neutro: <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> - Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> - Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Máximo: 95 A Calculado: 44.65 A Máximo: 5 % Calculado: 0.25 % Sección normalizada y definida Mínimo: 25 mm ² Calculado: 25 mm ² Mínimo: 16 mm ² Calculado: 25 mm ² Mínimo: 50 mm Calculado: 50 mm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Enchufes trifásicos (010101) Protección E-1 In: 50 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	$U_n = 415\text{ V} \geq 400\text{ V} = U$	Cumple
Enchufes trifásicos (010101) Protecciones a cortocircuito: - Poder corte suficiente a $U_n = 400\text{ V}$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 9.057 kA Calculado: 20 kA	Cumple
Enchufes trifásicos (010101) Calibre Protección E-1 In: 50 A: - I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 50 A Calculado: 0 A	Cumple
Enchufes trifásicos (010101) Prot./Lín.: E-1 In: 50 A / RZ1 0.6/1 kV 5 G 25: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>		

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
- Intensidad \leq I nominal protección:	$I_b = 44.65 \text{ A} \leq 50.00 \text{ A} = I_n$	Cumple
- I nominal protección \leq I admisible cable:	$I_n = 50.00 \text{ A} \leq 95.00 \text{ A} = I_z$	Cumple
Enchufes trifásicos (010101) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 5 G 25:		
- I tiempo convencional \leq 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>	$I_2 = 72.50 \text{ A} \leq 137.75 \text{ A} = 1.45 \times I_z \text{ tadm} = 0.16\text{s}$	Cumple
- Icc,máx. = 9.1 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable > tproteccion</i>	$> 0.10\text{s} = t_d$	Cumple
- Icc,mín. = 3.8 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable > tproteccion</i>	$t_{adm} = 0.87\text{s} > 0.10\text{s} = t_d$	Cumple
- Protegida con diferenciales contra contactos indirectos: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i>		Cumple
Enchufes monofásicos (010102) Línea RZ1 0.6/1 kV 3 G 6:		
- Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i>	Máximo: 46 A Calculado: 7.22 A	Cumple
- Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.11 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i>	Máximo: 5 % Calculado: 0.29 %	Cumple
- Sección 6 mm ² - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i>	Sección normalizada y definida	Cumple
- Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i>	Mínimo: 6 mm ² Calculado: 6 mm ²	Cumple
- Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Mínimo: 25 mm Calculado: 25 mm	Cumple
Enchufes monofásicos (010102) Protección E-1 In: 10 A:		
- Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	$U_n = 240 \text{ V} \geq 230 \text{ V} = U$	Cumple
Enchufes monofásicos (010102) Protecciones a cortocircuito:		
- Poder corte suficiente a $U_n = 230 \text{ V}$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 4.528 kA Calculado: 6 kA	Cumple
Enchufes monofásicos (010102) Calibre Protección E-1 In: 10 A:		
- I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 10 A Calculado: 0 A	Cumple
Enchufes monofásicos (010102) Prot./Lín.: E-1 In: 10 A / RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>		
- Intensidad \leq I nominal protección:	$I_b = 7.22 \text{ A} \leq 10.00 \text{ A} = I_n$	Cumple
- I nominal protección \leq I admisible cable:	$I_n = 10.00 \text{ A} \leq 46.00 \text{ A} = I_z$	Cumple
Enchufes monofásicos (010102) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 3 G 6:		
- I tiempo convencional \leq 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>	$I_2 = 14.50 \text{ A} \leq 66.70 \text{ A} = 1.45 \times I_z \text{ k}^2\text{S}^2 =$	Cumple
- Icc,máx. = 4.5 kA: $\text{k}^2\text{S}^2 > I^2t$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable < 0.1s, k²S² del cable > I²t de la protección</i>	$736164 > 42000 = I^2t \text{ (A}^2\text{s)} \text{ tadm} = 0.11\text{s} >$	Cumple
- Icc,mín. = 2.6 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable > tproteccion</i>	$0.10\text{s} = t_d$	Cumple

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
- Protegida con diferenciales contra contactos indirectos: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i>		Cumple
Circuitos de alumbrado (0102) Línea RZ1 0.6/1 kV 5 G 25:		
- Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i>	Máximo: 95 A Calculado: 3.02 A	Cumple
- Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.00 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i>	Máximo: 3 % Calculado: 0.12 %	Cumple
- Sección 25 mm ² - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i>	Sección normalizada y definida	Cumple
- Sección mínima de neutro: <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i>	Mínimo: 25 mm ² Calculado: 25 mm ²	Cumple
- Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i>	Mínimo: 16 mm ² Calculado: 25 mm ²	Cumple
- Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Mínimo: 50 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Circuitos de alumbrado (0102) Protección E-1 In: 40 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Un = 415 V >= 400 V = U	Cumple
Circuitos de alumbrado (0102) Protecciones a cortocircuito: - Poder corte suficiente a Un = 400 V: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 10.562 kA Calculado: 20 kA	Cumple
Circuitos de alumbrado (0102) Calibre Protección E-1 In: 40 A: - I nominal protección >= I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 40 A Calculado: 10 A	Cumple
Circuitos de alumbrado (0102) Prot./Lín.: E-1 In: 40 A / RZ1 0.6/1 kV 5 G 25: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>		
- Intensidad <= I nominal protección:	Ib = 3.02 A <= 40.00 A = In	Cumple
- I nominal protección <= I admisible cable:	In = 40.00 A <= 95.00 A = Iz	Cumple
Circuitos de alumbrado (0102) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 5 G 25:		
- I tiempo convencional <= 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>	I2 = 58.00 A <= 137.75 A = 1.45 x Iz tadm = 0.11s	Cumple
- Icc,máx. = 10.6 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable > tproteccion</i>	> 0.10s = td	Cumple
- Icc,mín. = 4.5 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable > tproteccion</i>	tadm = 0.62s > 0.10s = td	Cumple
Alumbrado exterior (010201) Línea RZ1 0.6/1 kV 3 G 6:		
- Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i>	Máximo: 46 A Calculado: 6.5 A	Cumple
- Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.21 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i>	Máximo: 3 % Calculado: 0.33 %	Cumple
- Sección 6 mm ² - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i>	Sección normalizada y definida	Cumple

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
- Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i>	Mínimo: 6 mm ² Calculado: 6 mm ²	Cumple
- Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Mínimo: 25 mm Calculado: 25 mm	Cumple
Alumbrado exterior (010201) Protección E-1 In: 10 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Un = 240 V >= 230 V = U	Cumple
Alumbrado exterior (010201) Protecciones a cortocircuito: - Poder corte suficiente a Un = 230 V: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 4.528 kA Calculado: 6 kA	Cumple
Alumbrado exterior (010201) Calibre Protección E-1 In: 10 A: - I nominal protección >= I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 10 A Calculado: 0 A	Cumple
Alumbrado exterior (010201) Prot./Lín.: E-1 In: 10 A / RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>		
- Intensidad <= I nominal protección:	Ib = 6.50 A <= 10.00 A = In	Cumple
- I nominal protección <= I admisible cable:	In = 10.00 A <= 46.00 A = Iz	Cumple
Alumbrado exterior (010201) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: - I tiempo convencional <= 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>	I2 = 14.50 A <= 66.70 A = 1.45 x Iz k ² S ² =	Cumple
- Icc,máx. = 4.5 kA: k ² S ² > I ² t: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable < 0.1s, k²S² del cable > I²t de la protección</i>	736164 > 42000 = I ² t (A ² s) tadm = 0.28s >	Cumple
- Icc,mín. = 1.6 kA: t admisible cable > t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para tcable entre 0.1s y 5s, tcable > tproteccion</i>	0.10s = td	Cumple
- Protegida con diferenciales contra contactos indirectos: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i>		Cumple
Alumbrado interior (010202) Línea RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: - Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i>	Máximo: 46 A Calculado: 2.55 A	Cumple
- Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.06 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i>	Máximo: 3 % Calculado: 0.18 %	Cumple
- Sección 6 mm ² - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i>	Sección normalizada y definida	Cumple
- Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i>	Mínimo: 6 mm ² Calculado: 6 mm ²	Cumple
- Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Mínimo: 25 mm Calculado: 25 mm	Cumple
Alumbrado interior (010202) Protección E-1 In: 6 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	Un = 240 V >= 230 V = U	Cumple

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
Alumbrado interior (010202) Protecciones a cortocircuito: - Poder corte suficiente a $U_n = 230\text{ V}$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 4.528 kA Calculado: 6 kA	Cumple
Alumbrado interior (010202) Calibre Protección E-1 In: 6 A: - I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 6 A Calculado: 0 A	Cumple
Alumbrado interior (010202) Prot./Lín.: E-1 In: 6 A / RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> - Intensidad \leq I nominal protección: - I nominal protección \leq I admisible cable:	$I_b = 2.55\text{ A} \leq 6.00\text{ A} = I_n$ $I_n = 6.00\text{ A} \leq 46.00\text{ A} = I_z$	Cumple Cumple
Alumbrado interior (010202) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: - I tiempo convencional ≤ 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i> - $I_{cc, \text{máx.}} = 4.5\text{ kA}$: $k^2 S^2 > I^2 t$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para $t_{\text{cable}} < 0.1\text{ s}$, $k^2 S^2$ del cable $> I^2 t$ de la protección</i> - $I_{cc, \text{mín.}} = 2.1\text{ kA}$: t admisible cable $>$ t disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t_{cable} entre 0.1 s y 5 s, $t_{\text{cable}} > t_{\text{proteccion}}$</i> - Protegida con diferenciales contra contactos indirectos: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i>	$I_2 = 8.70\text{ A} \leq 66.70\text{ A} = 1.45 \times I_z \text{ k}^2 \text{S}^2 =$ $736164 > 42000 = I^2 t \text{ (A}^2 \text{s)}$ $t_{\text{adm}} = 0.18\text{ s} >$ $0.10\text{ s} = t_d$	Cumple Cumple Cumple Cumple
Alumbrado emergencia (010203) Línea RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: - Intensidad admisible: <i>Reglamento ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19</i> - Caída de tensión máxima acumulada (Caída línea 0.00 %): <i>Reglamento ITC-BT-19, Apartado 2.2.2</i> - Sección 6 mm^2 - Instalación interior: <i>UNE 20-460, Parte 5-523</i> - Sección mínima de tierra: <i>Reglamento ITC-BT-18, Apartado 3</i> - Diámetro mínimo tubo: <i>Reglamento ITC-BT-21, Apartado 1.2</i>	Máximo: 46 A Calculado: 0.05 A Máximo: 3 % Calculado: 0.12 % Sección normalizada y definida Mínimo: 6 mm^2 Calculado: 6 mm^2 Mínimo: 25 mm Calculado: 25 mm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Alumbrado emergencia (010203) Protección E-1 In: 6 A: - Tensión de uso válida: <i>La tensión nominal de la protección debe ser mayor o igual a la de la instalación.</i>	$U_n = 240\text{ V} \geq 230\text{ V} = U$	Cumple
Alumbrado emergencia (010203) Protecciones a cortocircuito: - Poder corte suficiente a $U_n = 230\text{ V}$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.1</i>	Mínimo: 4.528 kA Calculado: 6 kA	Cumple
Alumbrado emergencia (010203) Calibre Protección E-1 In: 6 A: - I nominal protección \geq I nominal protección posterior: <i>La intensidad nominal de la protección deberá ser mayor que la intensidad de las protecciones existentes aguas abajo de la misma.</i>	Máximo: 6 A Calculado: 0 A	Cumple
Alumbrado emergencia (010203) Prot./Lín.: E-1 In: 6 A / RZ1 0.6/1 kV 3 G 6: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>		

Proyecto de diseño y construcción de una balsa para riego de 17,30 ha de cítricos en el T. M. de Alcalá del Río (Sevilla)

Referencia: E-1		
Comprobación	Valores	Estado
- Intensidad \leq I nominal protección:	$I_b = 0.05 \text{ A} \leq 6.00 \text{ A} = I_n$	Cumple
- I nominal protección \leq I admisible cable:	$I_n = 6.00 \text{ A} \leq 46.00 \text{ A} = I_z$	Cumple
Alumbrado emergencia (010203) Prots./Lín.: RZ1 0.6/1 kV 3 G 6:		
- I tiempo convencional ≤ 1.45 I admisible cable: <i>UNE 20-460, Apartado 433.2</i>	$I_2 = 8.70 \text{ A} \leq 66.70 \text{ A} = 1.45 \times I_z$	Cumple
- Icc,máx. = 4.5 kA: $k^2 S^2 > I^2 t$: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para $t_{cable} < 0.1s$, $k^2 S^2$ del cable $> I^2 t$ de la protección</i>	$736164 > 42000 = I^2 t \text{ (A}^2\text{s)}$	Cumple
- Icc,mín. = 1.1 kA: t admisible cable $> t$ disparo: <i>UNE 20-460, Apartado 434.3.2, para t_{cable} entre 0.1s y 5s, $t_{cable} > t_{proteccion}$</i>	$0.10s = t_d$	Cumple
- Protegida con diferenciales contra contactos indirectos: <i>Reglamento ITC BT 24, Apartado 4.1</i>		Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Anejo VIII
Seguridad y salud

ÍNDICE

1.	Consideraciones previas al proyecto de ejecución en la construcción de la balsa	Página 162
2.	Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud	Página 162
3.	Normas de seguridad aplicables en la obra	Página 162
4.	Descripción de los trabajos	Página 163
5.	Riesgos más frecuentes	Página 163
6.	Normas básicas de seguridad	Página 164
7.	Protecciones personales	Página 165
8.	Protecciones colectivas	Página 165
9.	Obligaciones del promotor	Página 166
10.	Coordinador en materia de seguridad y salud	Página 166
11.	Plan de Seguridad y Salud en el trabajo	Página 167
12.	Obligaciones de los contratistas y subcontratistas	Página 167
13.	Obligaciones de los trabajadores autónomos	Página 168
14.	Libro de incidencias	Página 169
15.	Paralización de los trabajos	Página 170
16.	Derechos de los trabajadores	Página 170
17.	Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras	Página 170

1. Consideraciones previas al proyecto de ejecución en la construcción de la balsa

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Por lo tanto, hay que comprobar que se dan todos los supuestos siguientes:

- a) El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) es inferior a 75 millones de pesetas ó 450.759,07 €.
- b) La duración estimada de la obra no es superior a 30 días o no se emplea en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada es inferior a 500 trabajadores-día (suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra).
- d) No es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Como no se da ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1997 se redactará el presente estudio básico de seguridad y salud.

2. Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables a la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se proponga medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

3. Normas de seguridad aplicables en la obra

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.

- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 779/1997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos en el Trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por la que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

4. Descripción de los trabajos

Los trabajos a realizar son los siguientes:

- a) Excavación de la tierra donde irá el sistema de drenaje y del zanjón.
- b) Instalación del sistema de drenaje.
- c) Instalación de la galería de servicio.
- d) Instalación de las tuberías.
- e) Movimiento de tierras para formar los taludes de la balsa.
- f) Instalación de las capas impermeabilizadoras.
- g) Instalación del resguardo en lo alto de la coronación del talud.
- h) Instalación de la caseta.
- i) Instalación eléctrica de la caseta.

5. Riesgos más frecuentes

Los riesgos más frecuentes que pueden suceder a la hora de realizar los trabajos son:

- Atropello y colisiones originados por la maquinaria.
- Vuelco y deslizamiento de la maquinaria.
- Generación de polvo.
- Caída en altura de personas.
- Cortes en las manos.
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Caídas al mismo nivel, por falta de orden y limpieza.
- Caídas de materiales empleados en los trabajos.
- Proyección de partículas al cortar tuberías.
- Descargas eléctricas de orden directo o indirecto.
- Aplastamiento al mover tanto la caseta como el resguardo.

6. Normas básicas de seguridad

Las normas que se van a declarar en el presente proyecto son las siguientes:

- La maniobra de la maquinaria estará dirigida por una persona distinta al conductor.
- Las zanjas estarán debidamente señalizadas, para evitar caídas del personal al interior.
- Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en las proximidades de la obra.
- La herramienta de mano se llevará enganchada con mosquetón para evitar caídas a otro nivel.
- El personal no estará nunca debajo de cualquier máquina que eleve el material.
- Para el acceso al interior de la obra, se usará siempre el acceso protegido.
- Se utilizarán siempre protecciones colectivas y si no fuera suficiente, se utilizarán además protecciones individuales como casco homologado, cinturón de seguridad, etc.
- Uso obligatorio de protección personal.
- Nunca efectuarán estos trabajos operarios solos.
- Colocación y medios de protección colectiva adecuados.
- Los acopios de materiales se harán teniendo en cuenta su inmediata utilización, repartiendo la carga lo máximo posible.
- Los trabajos en donde haya movimientos en el aire de objetos de considerable peso se suspenderán cuando se presenten fuertes vientos, así como heladas, nevadas o lluvias que hagan deslizantes las superficies.
- Cinturones de seguridad homologados del tipo de sujeción, empleándose estos solamente en el caso excepcional de que los medios de protección colectiva no sean posibles, estando anclados a elementos resistentes.
- Calzado homologado provisto de suelas antideslizantes.
- Mono de trabajo con perneras y mangas perfectamente ajustadas.
- Utilización de los EPI's.
- Existirá una señalización sencilla y clara a la vez, prohibiendo manipular a personas no autorizadas.
- Igualmente se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.
- Cualquier parte de la instalación se considerará bajo la tensión mientras no se compruebe lo contrario con los aparatos destinados al efecto.
- Se utilizarán protecciones diversas como son: guantes aislantes, comprobador de tensión, herramientas manuales con aislamiento.

7. Protecciones personales

En el siguiente listado viene especificado las protecciones personales que se van a usar y son:

- Casco de seguridad homologado.
- Mono de trabajo con perneras y mangas perfectamente ajustadas, y en su caso trajes de agua y botas.
- Empleo del cinturón de seguridad, por parte del conductor de la maquinaria, si ésta no va dotada de cabina antivuelco.
- Cinturones de seguridad homologados del tipo de sujeción, empleándose estos solamente en el caso excepcional de que los medios de protección colectiva no sean posibles, estando anclados a elementos resistentes.
- Calzado homologado provisto de suelas antideslizantes.
- Guantes, manguitos y polainas de soldador.
- Pantallas con filtro actínico.
- Guantes de goma o caucho.
- Cinturón de seguridad homologado, debiendo usarlo siempre que las medidas de protección colectiva supriman el riesgo.
- Uso de dedos reforzados con cota de malla para trabajos de apertura de rozas manualmente.
- Manoplas de cuero.
- Gafas de seguridad.
- Gafas protectoras.
- Mascarillas antipolvo.
- Guantes aislantes.
- Herramientas manuales con aislamiento.
- Botas aislantes, chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas.
- Tarimas, alfombrillas, pértigas aislantes.

8. Protecciones colectivas

En el siguiente listado viene especificado las protecciones colectivas que se van a usar y son:

- No apilar materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso.
- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.
- Señalización de prohibido el paso bajo las cargas suspendidas.
- Delimitar la zona de trabajo.
- Cables y ganchos para anclaje de los cinturones de seguridad.

- Instalación de barandillas resistentes provistas de rodapié, para cubrir huecos o aberturas en los cerramientos que no están terminados. Así como en los huecos verticales.
- Coordinación con el resto de los oficios que intervienen en la obra.
- Conductor de protección y pica o placa de puesta a tierra.
- Interruptores diferenciales de 30 mA de sensibilidad para alumbrado y alimentación de máquinas.
- Mantenimiento periódico del estado de las mangueras, tomas de tierra, enchufes, cuadros distribuidores, etc.

9. Obligaciones del promotor

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad local competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

10. Coordinador en materia de seguridad y salud

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y el personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

11. Plan de Seguridad y Salud en el trabajo

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

12. Obligaciones de los Contratistas y Subcontratistas

El Contratista y Subcontratista estarán obligados a:

- 1) Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
 - La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
 - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.

- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
 - La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- 2) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
 - 3) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
 - 4) Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a Seguridad y Salud.
 - 5) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajos autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente a las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

13. Obligaciones de los trabajadores autónomos

Los trabajadores autónomos estarán obligados a:

- 1) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.

- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- 2) Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
 - 3) Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.
 - 4) Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
 - 5) Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997.
 - 6) Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.
 - 7) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

14. Libro de incidencias

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

(Sólo se podrán hacer anotaciones en el Libro de Incidencias relacionadas con el cumplimiento del Plan).

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y

Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

15. Paralización de los trabajos

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de trabajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

16. Derechos de los trabajadores

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores del centro de trabajo.

17. Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

En Sevilla, a 30 de abril de 2016

Fdo: Alberto Mejías Macías

Anejo IX
Evolución económico-financiera

ÍNDICE

1. Introducción	Página 174
2. Pagos de la inversión inicial a realizar	Página 174
3. Balance anual de la explotación agrícola	Página 174
4. Pagos extraordinarios	Página 176
5. Cálculo del tipo de interés	Página 176
6. Flujo de caja estimado por año	Página 176
7. Valor Actual Neto (V.A.N)	Página 178
8. Tasa Interna de Rendimiento (T.I.R.)	Página 178
9. Plazo de recuperación (Pay-Back)	Página 179

1. Introducción

Los proyectos de inversión agraria vienen caracterizados en su vertiente económica por cuatro parámetros básicos:

- Pago de la inversión.
- Vida útil del proyecto. Para la evaluación económica del proyecto se considera una vida útil de 30 años. Se trata de una inversión a largo plazo que necesita varios años para obtener mínimos ingresos y así amortizar gastos.
- Flujos de caja generados en la totalidad de la vida del proyecto.
- Tipos de intereses.

2. Pagos de la inversión inicial a realizar

Para la puesta en marcha del proyecto se requiere una serie de recursos que se dividen de la siguiente manera:

▪ Instalación hidráulica	8.400,44 €
▪ Instalación del resguardo, geotextil y geomembrana	38.762,58 €
▪ Instalación de la red de drenaje	9.077,52 €
▪ Movimientos de tierra	136.041,58 €
▪ Electrificación	2.718,06 €
▪ Seguridad y salud	3.120,00 €
▪ 13% gastos generales	25.755,62 €
▪ 6% beneficio industrial	11.887,21 €
▪ 21% I.V.A.	49.510,23 €
▪ Total inversión inicial	285.273,24 €

El pago de la inversión será de 285.273,24 € que se realizará en el año cero mediante financiación propia de un 52,58% y un 47,42% procedente de una hipoteca a 30 años con cuota de amortización constante (sistema francés) pagadera anualmente a fecha de formalización del préstamo, es decir la primera cuota se pagará en el año 1. El 52,58% de 285.273,24 € equivale a 150.000 € y es el capital que posee dueño de la explotación agrícola y 135.273,24 € corresponde al 47,42% y vendrá proporcionado por una hipoteca bancaria. El tipo de interés del préstamo hipotecario es del 4%.

3. Balance anual de la explotación agrícola

Para poder realizar el flujo de caja hay que partir de cuál es el beneficio de la explotación agrícola si estuviera la balsa instalada.

NARANJO REGADÍO		
	Superficie (ha)	17,30
	Producción (kg/ha)	639.835,31
PRODUCTO BRUTO		
1- INGRESOS DE PRODUCTOS	95.240,13 €	68,77%
2- SUBVENCIONES	43.250,00 €	31,23%
3- INDEMNIZACIONES Y OTROS	-	
PRODUCTO BRUTO (1+2+3)	138.490,13 €	100,00%
COSTES		
4- TOTAL COSTES DIRECTOS	32.101,53 €	26,82%
Semillas y plantas	-	
Fertilizantes	11.678,71 €	9,76%
Productos fitosanitarios	6.550,82 €	5,47%
Otros suministros	13.872,01 €	11,59%
5- MAQUINARIA	13.922,69 €	11,63%
Trabajos contratados	47,40 €	0,04%
Carburantes y lubricantes	12.145,29 €	10,15%
Reparadores y repuestos	1.730,00 €	1,45%
6- MANO DE OBRA ASALARIADA	22.311,12 €	18,64%
7- TOTAL COSTES INDIRECTOS PAGADOS	15.713,24 €	13,13%
Cargas sociales	9.636,27 €	8,05%
Seguros de capitales propios	832,82 €	0,70%
Intereses y gastos financieros	-	
Canon de arrendamiento	-	
Contribuciones e impuestos	704,63 €	0,59%
Conservación de edificios y mejoras	927,63 €	0,77%
Otros gastos generales	3.611,89 €	3,02%
8- AMORTIZACIONES	13.334,49 €	11,14%
SUBTOTAL COSTES (4+5+6+7+8)	97.383,08 €	81,36%
9- TOTAL OTROS COSTES INDIRECTOS	22.317,69 €	18,64%
Renta de tierra	-	
Intereses de otros capitales propios	2.610,40 €	2,18%
Mano de obra familiar	19.707,30 €	16,46%
COSTE PRODUCCIÓN COMPLETO	119.700,78 €	100,00%
RESULTADOS		
10- PRODUCTO BRUTO (1+2+3)	138.490,13 €	
11- MARGEN BRUTO ESTÁNDAR (10-4)	106.388,60 €	
12- MARGEN BRUTO (11-5-6)	70.154,79 €	
13- RENTA DISPONIBLE (12-7)	54.441,54 €	
14- MARGEN NETO (13-8)	41.107,05 €	
15- BENEFICIO (14-9)	18.789,36 €	

Cada año se produce en la explotación agrícola un **beneficio de 18.789,36 €**.

4. Pagos extraordinarios

Los pagos extraordinarios son referentes a las nuevas inversiones que debieran hacerse con el objeto de reponer el material. Para el presente proyecto se va a tener en cuenta los siguientes pagos extraordinarios:

- Instalación hidráulica	8.400,44 €
- Instalación geotextil y geomembrana	24.277,30 €
- Instalación red drenaje	9.077,52 €
- Electrificación	2.718,06 €

$$\text{Total pago extraordinario} = 44.473,32 \text{ €} \cdot \frac{2}{20 \text{ años}} = 4.447,33 \text{ €/año}$$

Para los anteriores pagos se le da una vida útil de 10 años por lo que de cara al proyecto habría que cargar un pago extraordinario a partir del onceavo año de 4.447,33 €/año hasta la finalización de los 30 años de duración de la vida útil del proyecto.

5. Cálculo del tipo de interés

Para calcular la cuota de interés que se va a tener que pagar anualmente se va a partir de la siguiente fórmula del cálculo del interés por el método francés:

$$a = \frac{A}{(1 - (1 + i)^{-n})/i}$$

a: Anualidad

A: Capital prestado

n: Número de períodos

i: Tipo de interés del préstamo

Operando en la anterior fórmula:

$$a = \frac{135.273,24}{(1 - (1 + 0,04)^{-30})/0,04} = 7.822,86 \text{ €/año}$$

El cálculo del interés que se va a tener que pagar anualmente asciende a 7.822,86 €.

6. Flujo de caja estimado por año

Se va a analizar el siguiente supuesto.

Inversión en el proyecto sufragado por un préstamo hipotecario de 135.273,24 € (47,42%) y un depósito de 150.000 € (52,58%).

El beneficio anual de tener la explotación en marcha será de 18.789,36 €.

El pago extraordinario se tendrá en cuenta a partir del año 11 y es de 4.447,33 € al año.

El interés anual (calculado para un 4%) que habrá que pagar anualmente es de 7.822,86 €.

Por tanto el flujo de caja es el siguiente:

Año	PAGOS		COBROS		Inversión	Flujos de Caja (K)
	Ordinarios	Extraordinarios	Ordinarios	Extraordinarios		
0					285.273,24 €	- 285.273,24 €
1	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
2	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
3	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
4	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
5	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
6	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
7	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
8	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
9	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
10	7.822,86 €	- €	18.789,36 €	- €	- €	10.966,50 €
11	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
12	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
13	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
14	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
15	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
16	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
17	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
18	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
19	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
20	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
21	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
22	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
23	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
24	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
25	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
26	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
27	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
28	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
29	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €
30	7.822,86 €	4.447,33 €	18.789,36 €	- €	- €	6.519,17 €

7. Valor Actual Neto (V.A.N)

El V.A.N. calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

Para calcular el VAN se parte de la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t : Flujos de caja de cada periodo t

I_0 : Valor del desembolso inicial de la inversión

n: Número de períodos considerados (en este caso son años)

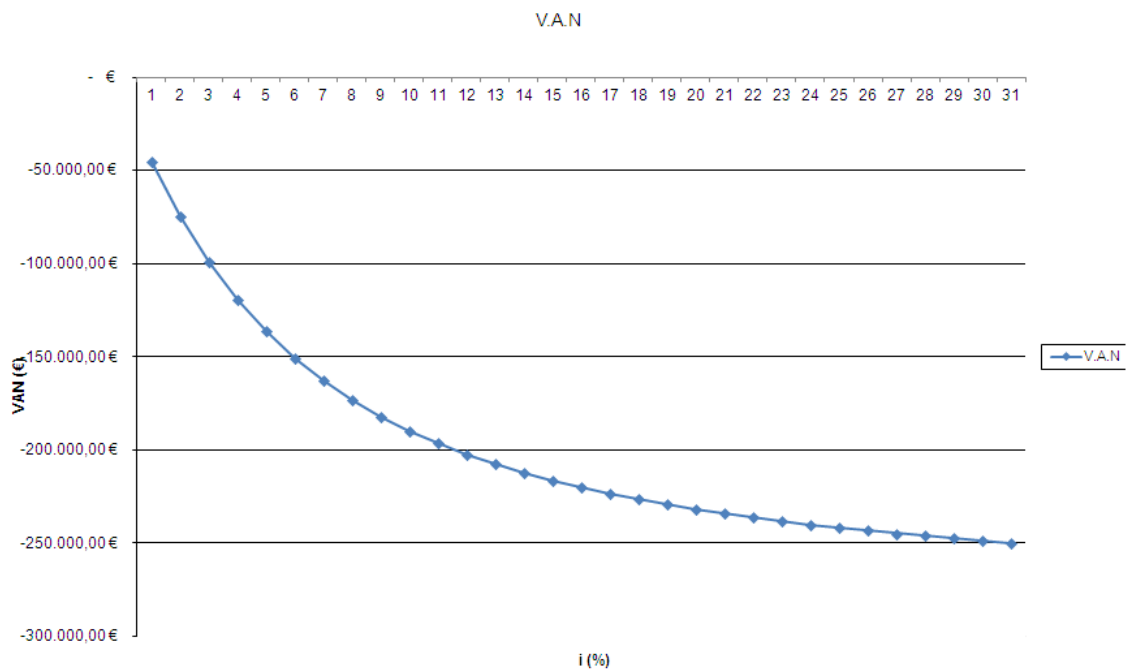
k: Tipo de descuento (4% para este proyecto)

El **V.A.N.** arroja un resultado a los 30 años de **-132.042,92 €**

8. Tasa Interna de Rendimiento (T.I.R.)

El T.I.R. es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión (es el tipo de descuento que hace que el VAN sea 0).

El T.I.R. para este proyecto es menor de 0 (**T.I.R.<0**).



9. Plazo de recuperación (Pay-Back)

El plazo de recuperación indica el tiempo que se tardará en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja.

Tipo Interés (%)	4		
Año	Flujo de Caja	Tasa Capitalización	Sumatorio FC
0	- €	- €	- €
1	10.966,50 €	0,96 €	10.544,71 €
2	10.966,50 €	1,89 €	20.683,86 €
3	10.966,50 €	2,78 €	30.433,04 €
4	10.966,50 €	3,63 €	39.807,25 €
5	10.966,50 €	4,45 €	48.820,91 €
6	10.966,50 €	5,24 €	57.487,89 €
7	10.966,50 €	6,00 €	65.821,53 €
8	10.966,50 €	6,73 €	73.834,65 €
9	10.966,50 €	7,44 €	81.539,56 €
10	10.966,50 €	8,11 €	88.948,14 €
11	6.519,17 €	8,76 €	57.111,04 €
12	6.519,17 €	9,39 €	61.182,89 €
13	6.519,17 €	9,99 €	65.098,14 €
14	6.519,17 €	10,56 €	68.862,79 €
15	6.519,17 €	11,12 €	72.482,66 €
16	6.519,17 €	11,65 €	75.963,30 €
17	6.519,17 €	12,17 €	79.310,06 €
18	6.519,17 €	12,66 €	82.528,11 €
19	6.519,17 €	13,13 €	85.622,38 €
20	6.519,17 €	13,59 €	88.597,65 €
21	6.519,17 €	14,03 €	91.458,48 €
22	6.519,17 €	14,45 €	94.209,28 €
23	6.519,17 €	14,86 €	96.854,28 €
24	6.519,17 €	15,25 €	99.397,54 €
25	6.519,17 €	15,62 €	101.842,99 €
26	6.519,17 €	15,98 €	104.194,39 €
27	6.519,17 €	16,33 €	106.455,35 €
28	6.519,17 €	16,66 €	108.629,34 €
29	6.519,17 €	16,98 €	110.719,72 €
30	6.519,17 €	17,29 €	112.729,70 €
31	6.519,17 €	17,59 €	114.662,38 €
32	6.519,17 €	17,87 €	116.520,72 €
33	6.519,17 €	18,15 €	118.307,59 €
34	6.519,17 €	18,41 €	120.025,73 €
35	6.519,17 €	18,66 €	121.677,79 €
36	6.519,17 €	18,91 €	123.266,30 €
37	6.519,17 €	19,14 €	124.793,73 €
38	6.519,17 €	19,37 €	126.262,40 €
39	6.519,17 €	19,58 €	127.674,59 €
40	6.519,17 €	19,79 €	129.032,46 €

El plazo de recuperación es mayor a 40 años (**Pay-back>40 años**).

Anejo X
Índice de figuras

Figura 1. Diagrama ombrotérmico con los datos registrados entre los años 2001 y 2012.

Figura 2. ETc media entre los años 2001 y 2012 para cultivos de cítricos.

Figura 3. Perfil longitudinal del terreno.

Figura 4. Disposición de los drenes en el vaso del embalse.

Figura 5. Localización de Alcalá del Río.

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Alcal%C3%A1_del_R%C3%ADO_%28Sevilla%29.PNG

Figura 6. Localización de la balsa.

Fuente: <https://www.google.es/maps/@37.3435044,-5.9882874,14z?hl=es>

Figura 7. Gráfica que muestra la temperatura media (°C).

Figura 8. Precipitaciones medias (mm/mes).

Figura 9. Diagrama ombrotérmico con los datos registrados entre los años 2001 y 2012.

Figura 10. Humedad relativa media.

Figura 11. ETo media (mm/día).

Figura 12. ETc media entre los años 2001 y 2012 para cultivos de cítricos.

Figura 13. Velocidad del viento media.

Figura 14. Mapa geológico del municipio de Alcalá del Río.

Fuente: http://www.igme.es/internet/cartografia/cartografia/datos/magna50/jpg/d9_jpg/Editado_MAGNA50_962.jpg

Figura 15. Mapa hidrológico cruzado con el catastral del municipio de Alcalá del Río usando el programa gvSIG.

Figura 16. Triangulo de texturas USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

Fuente: <http://civilgeeks.com/wp-content/uploads/2011/09/81.jpg>

Figura 17. Marco de plantación del cultivo del proyecto.

Fuente: <http://legado.inea.org/web/materiales/web/riego/temas/tema9/tema9.htm>

Figura 18. Gráfica que explica el coeficiente de corrección por advección.

Figura 19. Perfil de la balsa sin escalas.

Figura 20. Vertido mediante tubería en altura sobre el talud.

Fuente: Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.

Figura 21. Perfil longitudinal del terreno.

Figura 22. Vista frontal de la ubicación de los elementos empleados en la instalación.

Figura 23. Nomograma de pérdidas de carga.

Figura 24. NPSHr de la bomba CRB 1500 2850 rpm.

Figura 25. Modelo representativo de la cavitación en la imagen izquierda y el tramo D del perfil de nuestra instalación en la derecha.

Fuente: <http://www2.udec.cl/~josefcastillo/informe-final.pdf>

Figura 26. Relación de cuánto aumenta X respecto de ha.

Figura 27. Golpe de ariete.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Golpe_de_ariete

Figura 28. Líneas de energía.

Figura 29. Gráfica que relaciona el calado con la base del aliviadero.

Figura 30. Esquema del desagüe de fondo de una balsa.

Fuente: Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas.

Figura 31. Gráfica que relaciona el caudal con la altura de la lámina de agua.

Figura 32. Gráfica que relaciona el volumen del embalse con la altura.

Figura 33. Gráfica en la que se observa la evolución del nivel de agua en el embalse.

Figura 34. Pie de fondo.

Fuente: <http://g02.s.alicdn.com/kf/HTB1c26CGpXXXXaBXVXXq6xXFXXXP/221357505/HTB1c26CGpXXXXaBXVXXq6xXFXXXP.jpg>

Figura 35. Características del filtro modelo FMY8.

Fuente: http://www.lama.es/pdf/Tarifa_Agricola_Lama_2015.pdf

Figura 36. Ventosa de 1 pulgada de diámetro.

http://www.turiego.es/valvulas-reductores-presion/ventosa-cepex-de-alumnio-de-simple-efecto-de-1-a-3.html#.VtdltU_wr7c

Figura 37. Contador Woltman.

Fuente: http://www.zenner-medidores.com/tl_files/content/ZENNER_COM_SPANISH/ES_KAT_GWZ_medidores_d_agua.pdf

Figura 38. Datos técnicos del contador Woltman WPH-N.

Figura 39. Características técnicas de la motobomba.

Figura 40. Dimensionamiento del zanjón.

Figura 41. Dibujo de la capa impermeabilizadora en el talud aguas arribas.

Fuente: http://www.spancold.es/Archivos/JPMDCEMB_2009_05-Tipologia_Dique_Cierre.pdf

Figura 42. Fotografía que muestra una balsa impermeabilizada.

Fuente: http://www.spancold.es/Archivos/JPMDCEMB_2009_05-Tipologia_Dique_Cierre.pdf

Figura 43. Fotografía que muestra distintos sectores de un geotextil.

Fuente: <http://aislamientosjavier.com/wp-content/uploads/2014/11/Geotextil-de-poliester-1.jpg>

Figura 44. Numapol PEAD.

Fuente: <http://www.numaindustrial.com/geomembranas-pead.php>

Fuente: <http://www.numaindustrial.com/geomembranas-pead.php>

Figura 45. Geotex Pavidrain.

Fuente: <http://www.geosinteticos.net/geosinteticos/geocompuestos-drenantes/pavidrain/>

Fuente: <http://www.geosinteticos.net/geosinteticos/geocompuestos-drenantes/pavidrain/>

Figura 46. Canal de servicio.

Fuente: <http://www.glsprefabricados.com/es/productes/index/canal-servicios-120x50x95h/295>

Figura 47. Situación de los dos puntos sondeados por el Ministerio.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>

Figura 48. Histórico de datos recogidos del nivel piezométrico.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>

Figura 49. Dibujo que detalla la fórmula de Glover-Dumm y en que se detalla la situación antes y después de la elevación instantánea de la capa freática (modelo de flujo no permanente para usar la ecuación de Glover-Dumm).

Fuente: http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p211-233.pdf

Figura 50. Disposición de los drenes en el vaso del embalse.

Figura 51. Ejemplo de tubos drenes.

Fuente: http://www.aguamarket.com/sql/productos/fotos/tubo_drenaje_flexa_dren.jpg

Figura 52. Ejemplo de tubo colector que elimina el agua drenada.

Fuente: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Drenaje.pdf>

Figura 53. Puntos de cota en los tubos de la red de drenaje.

Figura 54. Dibujo que representa los datos del método de la cuña simple.

Fuente: Manual con ejercicios para la modelación matemática y numérica de la estabilidad de taludes, (G. P., Marín Rodríguez et al).

Figura 55. Fuerzas actuantes sobre una dovela vertical.

Fuente: Manual con ejercicios para la modelación matemática y numérica de la estabilidad de taludes, (G. P., Marín Rodríguez et al).

Figura 56. Distintos tipos de fallas.

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

Figura 57. Disposición de las dovelas en la falla.

Figura 58. Signo del ángulo alfa.

Fuente: Manual con ejercicios para la modelación matemática y numérica de la estabilidad de taludes, (G. P., Marín Rodríguez et al).

Figura 59. Caseta M6 diáfana Remsa.

Fuente: <http://www.remsa.net/segunda-mano/modulos-prefabricados/modulos-prefabricados/caseta-m6-diafana-usada>

Figura 60. Dimensiones de la caseta M6 diáfana Remsa.

Fuente: <http://www.remsa.net/segunda-mano/modulos-prefabricados/modulos-prefabricados/caseta-m6-diafana-usada>

Anejo XI
Índice de tablas

Tabla 1. Datos del análisis físico del suelo de la muestra.

Tabla 2. Tabla resumen de las propiedades químicas del suelo.

Tabla 3. Datos sobre las propiedades y la composición química del agua de la muestra.

Tabla 4. Balance anual del agua disponible.

Tabla 5. Valores de Kc para distintos cultivos.

Fuente: (R. G. Allen et al, 1997).

Tabla 6. Tabla que refleja el tipo de clima según el índice de Lang.

Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ii6Q4gRMpM0J:www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/TEMA2.doc+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=es>

Tabla 7. Tabla que refleja el tipo de clima según el índice de “De Martonne”.

Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ii6Q4gRMpM0J:www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/TEMA2.doc+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=es>

Tabla 8. Tabla que refleja el tipo de clima según el índice termopluviométrico de Dantin y Revenga.

Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ii6Q4gRMpM0J:www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/TEMA2.doc+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=es>

Tabla 9. Datos de los principales parámetros utilizados en la clasificación climática según Papadakis.

Tabla 10. Tipos de invierno según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd1/ClasificacionPapadakis.pdf>

Tabla 11. Tipos de verano según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd1/ClasificacionPapadakis.pdf>

Tabla 12. Régimen térmico según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd1/ClasificacionPapadakis.pdf>

Tabla 13. Principales parámetros utilizados en el balance hídrico para la clasificación climática según Papadakis.

Tabla 14. Clasificación climática según Papadakis.

Fuente: <http://sig.magrama.es/Docs/PDFServiciosProd2/ClasificacionPapadakis.pdf>

Tabla 15. Datos del análisis físico del suelo de la muestra.

Tabla 16. Datos del análisis químico de la muestra del suelo.

Tabla 17. Relación de la textura del suelo con la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el agua disponible en peso.

Fuente: (adaptada de Israelsen y Hansen, 1979)

Tabla 18. Rango de valores de las propiedades químicas del suelo.

Fuente: (Legaz et al., 1995).

Tabla 19. Tabla resumen de las propiedades químicas del suelo.

Tabla 20. Datos sobre las propiedades y la composición química del agua de la muestra.

Tabla 21. Criterios para la interpretación de la calidad de las aguas del riego.

Fuente: (Ayers y Westcot, 1987).

Tabla 22. Tolerancia de los distintos cultivos a la salinidad del agua de riego.

Fuente: (Ayers y Westcot, 1987).

Tabla 23. Determinación del calcio corregido.

Fuente: (Urbano Terrón P, 1995).

Tabla 24. Criterio para caracterizar las aguas de riego.

Fuente: (Urbano P., 1995).

Tabla 25. Clasificación de Stabler para los distintos tipos de agua.

Fuente: (Urbano P., 1995).

Tabla 26. Clasificación de la dureza del agua en grados franceses.

Tabla 27. Calificación del grado de peligrosidad del agua en base al contenido de bicarbonatos.

Tabla 28. Balance anual del agua disponible.

Tabla 29. Balance anual de las necesidades netas.

Tabla 30. Los valores de coeficiente de uniformidad en zonas áridas.

Tabla 31. Balance anual de las necesidades totales.

Tabla 32. Pruebas de campo de emisor.

Tabla 33. Diámetros de las tuberías PEAD.

Fuente: <http://www.fundicionductilmolina.com/CFEC/tuberiadepolietileno.htm>

Tabla 34. Características de la bomba elegida.

Tabla 35. Propiedades físicas del agua a 1 bar.

Fuente: http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_12.htm/images/pic074.jpg

Tabla 36. Tabla que relaciona la altura de la lámina de agua con el caudal.

Tabla 37. Tabla para discretizar el proceso de vaciado de la balsa.

Tabla 38. Características técnicas Numapol PEAD.

Fuente: <http://www.numaindustrial.com/geomembranas-pead.php>

Tabla 39. Características técnicas Geotex Pavidrain.

Fuente: <http://www.geosinteticos.net/geosinteticos/geocompuestos-drenantes/pavidrain/>

Tabla 40. Datos del punto sondeado Nº1 facilitados por el Ministerio.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>

Tabla 41. Tabla de valores δ para calcular la profundidad equivalente de Hooghoudt.

Fuente: http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p211-233.pdf

Tabla 42. Gráfica que determina el procedimiento mediante Excel para obtener el valor de δ buscado.

Tabla 43. Número de manning para distintos materiales.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3rmula_de_Manning

Tabla 44. Propiedades físicas de distintos tipos de suelos.

Fuente: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010301.pdf

Tabla 45. Clasificación de los distintos tipos de fallas según β y ϕ .

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

Tabla 46. Tabla que muestra los cálculos realizados para obtener F.S.

Tabla 47. Datos del terreno.

Fuente: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>

Anejo XII
Bibliografía

- CNEGP-SPANCOLD (2010). Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. Centro de estudios y experimentación de obras públicas.
- Dal-Re, R. (2003). Pequeños embalses de uso agrícola. Madrid: S.A. Mundi-Prensa Libros.
- Franco, A. y Pérez, L. (2009). Hidráulica y riegos. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Franco, A. y Pérez, L. (2012). Prontuario de prácticas de hidráulica y riegos. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Castillo, J.F. (2013). Cálculo para evitar la cavitación de un sistema de bombeo mediante el uso de $NPSH_A$ y $NPSH_R$.
- Cruz, R. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali. *CENICAÑA*, pp. 211-233.
- Marín, G.P.; Quintero, L.K. (2008). Manual con ejercicios para la modelación matemática y numérica de la estabilidad de taludes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Jordán, A. (2006). Manual de edafología. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Ordovás, J.; Carmona, E.; Andreu, L.; Quintero, J.M.; Martín-Palomo, M.J. y Pardo, G. (2008). Apuntes de climatología agrícola. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Moreno, M.T.; Quintero, J.M.; Carmona, E.; Ordovás, J.; Delgado, A. y Aguirre, I. (2008). Bases de la producción vegetal: ecofisiología y tecnología de la producción. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Santamaría, A. y Parrilla, A. (1999). Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Ministerio de Fomento.

Wikipedia

< <https://www.wikipedia.org/>> [Consulta: 20/febrero/2016]

Google Earth

< <https://www.google.es/maps/@37.3435044,-5.9882874,14z?hl=es>>
[Consulta: 15/septiembre/2013]

GLS Prefabricados

< www.glsprefabricados.com> [Consulta: 10/febrero/2016]

Ingermecánica

< <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>>
[Consulta: 10/febrero/2016]

TuRiego

< <http://www.turiego.es>> [Consulta: 10/febrero/2016]

FAO

< <http://www.fao.org>> [Consulta: 08/febrero/2016]

Código Técnico de la Edificación

< <http://www.codigotecnico.org>> [Consulta: 14/febrero/2016]

Junta de Andalucía

< <http://www.juntadeandalucia.es>> [Consulta: 13/octubre/2015]

Miliarium

< <http://www.miliarium.com>> [Consulta: 10/septiembre/2015]

IGME

< <http://www.igme.es>> [Consulta: 24/abril/2015]

Generador de precios

< <http://www.generadordeprecios.info/>> [Consulta: 26/febrero/2016]

Blog del programa de TAO

< [http://taogeomatica.blogspot.com.es /](http://taogeomatica.blogspot.com.es/)> [Consulta: 10/marzo/2016]

PLANOS

ÍNDICE

1. Plano de situación	Plano Nº1
2. Plano de emplazamiento	Plano Nº2
3. Balsa	Plano Nº3
4. Sección de la balsa	Plano Nº4
5. Sección del zanjón	Plano Nº5
6. Balsa y tuberías de agua	Plano Nº6
7. Sistema de drenaje	Plano Nº7
8. Esquema unifilar	Plano Nº8

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. Cuadro de precios 1	Página 202
2. Mediciones y presupuesto	Página 209
3. Resumen de presupuesto	Página 216

1. Cuadro de precios 1

CUADRO DE PRECIOS 1

CÓDIGO	UD DESCRIPCIÓN	PRECIO
CAPÍTULO 1 "INSTALACIÓN HIDRAÚLICA"		
1.1	Ud Tubería de 250 mm de diámetro Tubería PEAD de 250 mm de diámetro con una presión máxima de 6 atm. Divididos en tramos de 13 metros. CUARENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS	43,96 €
1.2	Ud Codo de 45° Codo de 45° de polietileno para tuberías con un diámetro exterior de 250 mm CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS con SIETE CÉNTIMOS	187,70 €
1.3	Ud Codo de 90° Codo de 90° de polietileno para tuberías con un diámetro exterior de 250 mm CIENTO OCHENTA Y SEIS EUROS con CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	186,59 €
1.4	Ud Filtro FMY8 Filtro de malla metálico en Y FMY8 MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	1.396,64 €
1.5	Ud Reducción de 250 - 180 mm de diámetro Reducción de polietileno de 250 milímetros de diámetro a 180 milímetros de diámetro CIENTO TREINTA Y NUEVE EUROS con ONCE CÉNTIMOS	139,11 €
1.6	Ud Reducción de 180 - 125 mm de diámetro Reducción de polietileno de 180 milímetros de diámetro a 125 milímetros de diámetro CUARENTA Y CINCO EUROS con SIETE CÉNTIMOS	45,07 €
1.7	Ud Contador volumétrico Woltman Contador Woltman modelo WR con un diámetro nominal de 125 milímetros QUINIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	558,94 €

1.8	Ud Válvula serie 14 PN 16 Válvula de compuerta de asiento elástico con bridas de diámetro nominal de 125 milímetros DOSCIENTOS TREINTA Y UN EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS	231,35 €
1.9	Ud Pie de fondo Pie de fondo de polietileno para tuberías con un diámetro nominal de 250 milímetros VEINTE EUROS con CERO CÉNTIMOS	20,00 €
1.10	Ud Válvula ventosa automática Segev Válvula ventosa de plástico capaz de eliminar el aire en tuberías bajo presión CUARENTA Y SEIS EUROS con VEINTE Y TRES CÉNTIMOS	46,23 €
1.11	Ud Motobomba Honda WB 30 XT Motobomba de caudal marca Honda modelo WB 30 XT QUINIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS con CERO CÉNTIMOS	599,00 €
1.12	Ud Rejilla de plástico Rejilla de plástico circular para evitar la entrada de suciedad procedente del agua de 250 milímetros de diámetro OCHO EUROS con CINCO CÉNTIMOS	8,05 €
1.13	Ud Bomba hidráulica Saci Pumps CRB 1500 Electrobombas centrífugas construidas íntegramente en bronce marino especialmente adecuados para grandes trasvases de líquidos a presiones relativamente bajas MIL SETECIENTOS DIECIOCHO EUROS con CERO CÉNTIMOS	1.718,00 €

CAPÍTULO 2 "INSTALACIÓN DEL RESGUARDO, GEOTEXTIL Y GEOMEMBRANA"

2.1	Ud Barrera de hormigón armado para el resguardo Barrera de hormigón armado tipo NJ-120 TRESCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS con DOS CÉNTIMOS	389,02 €
2.2	m2 Geomembrana PEAD de Numapol Geomembrana PEAD de Numapol HPDE DOS EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS	2,67 €
2.3	m2 Geotextil Geotex Pavidrain Geotextil marca Pavidrain 2F5 TRES EUROS con DOCE CÉNTIMOS	3,12 €

2.4 Ud Canal de servicio marca GLS 120 x 50 x 95 h

Canal de servicio prefabricado de hormigón GLS **44,95 €**

CUARENTA Y CUATRO EUROS con NOVENTA Y CINCO
CÉNTIMOS

CAPÍTULO 3 "INSTALACIÓN DE LA RED DE DRENAJE"

3.1 m3 Excavación zanja terreno

Excavación en zanja de drenaje longitudinal en el terreno
para posteriormente volverla a usar cuando esté instalado
el sistema de drenaje **3,58 €**

TRES EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS

3.2 m Dren circular PVC D=45 mm

Tubería corrugada de pvc circular, ranurada, de diámetro 45
mm, en drenaje longitudinal, incluso preparación de la
superficie de asiento, compactación y nivelación,
terminado **6,00 €**

SEIS EUROS con CERO CÉNTIMOS

3.3 m Tubo circular PVC D=60 mm

Tubería circular de PVC, de diámetro 60 mm para recoger el
agua proveniente de los drenes, incluso preparación
de la superficie de asiento, compactación y nivelación,
terminado **3,53 €**

TRES EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS

3.4 Ud Arqueta de paso

Arqueta de paso, prefabricada de prolipropileno, de sección
rectangular de 51x37 cm en la base y 30 cm de altura, con
tapa **21,37 €**

VEINTIÚN EUROS con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS

3.5 m Tubo colector circular PVC D=75 mm

Tubo colector circular de PVC, de diámetro 75 mm para
recoger el agua proveniente de las arquetas, incluso
preparación de la superficie de asiento, compactación y
nivelación, terminado **4,76 €**

CUATRO EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS

CAPÍTULO 4 "MOVIMIENTOS DE TIERRA"

4.1 m3 Excavación a máquina en terrenos compactos sin tte. Vertedero

Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por
medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la
excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero
y con p.p. de medios auxiliares **3,97 €**

TRES EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

4.2	m3 Transporte de escombros a vertedero en camión de 10 Tm Transporte de escombros a vertedero en camión de 10 Tm, a una distancia menor de 10 km, i/p.p. de costes indirectos TRES EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS	3,83 €
4.3	m3 Terraplenado Terraplenado y compactación para cimientado de terraplén con material seleccionado, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado DIECINUEVE EUROS con SESENTA Y CUATRO	19,64 €
4.4	m3 Relleno de zanjas para instalaciones Relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra de préstamo, y compactación al 95% del Proctor Modificado con pisón vibrante de guiado manual TRECE EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS	13,93 €
4.5	m3 Excavación a máquina en terrenos compactos Excavación a máquina en terrenos compactos para posteriormente rellenar una vez puesto el sistema de drenaje NUEVE EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS	9,47 €

CAPÍTULO 5 "ELECTRIFICACIÓN"

5.1	Ud Caseta M6 diáfana Los módulos diáfanos son unidades independientes, con unas dimensiones, por lo general, de 6,00 x 2,44 m, autoportantes estructuralmente con cerramientos ejecutados con paneles sándwich MIL QUINIENTOS EUROS con CERO CÉNTIMOS	1.500,00 €
5.2	m Cable de cobre flexible de 16 mm2 Cable RZ10,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm2. Unipolar DOS EUROS con SEIS CÉNTIMOS	2,06 €
5.3	m Cable de cobre flexible de 25 mm2 Cable RZ10,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm2. Unipolar TRES EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS	3,18 €
5.4	m Cable de cobre flexible de 6 mm2 Cable RZ10,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm2. Unipolar CERO EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS	0,86 €

5.5	m	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 12 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 12 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547 UN EURO con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS	1,37 €
5.6	m	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 40 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 40 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547 TRES EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS	3,82 €
5.7	m	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 50 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 50 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547 CUATRO EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS	4,73 €
5.8	m	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 25 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 25 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547 DOS EUROS con CINCO CÉNTIMOS	2,05 €
5.9	Ud	Fusible IEC60269 gL/gG Fusible IEC60269 gL/gG In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG OCHO EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS	8,96 €
5.10	Ud	Magnetotérmico M-G Compact NS100N - TM.xD Magnetotérmico M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.). Tripolar CUATRO EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS	4,45 €
5.11	Ud	Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C. In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3. Tripolar TRES EUROS con NUEVE CÉNTIMOS	3,09 €
5.12	Ud	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3. Bipolar TRES EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS	3,43 €

5.13	Ud Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C. In: 40 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3. Tripolar DOS EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS	2,39 €
5.14	Ud Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3. Bipolar TRES EUROS con VEINTE CÉNTIMOS	3,20 €
5.15	Ud Diferencial IEC60947-2 Instantáneos Diferencial IEC60947-2 Instantáneos In: 63 A; Un: 400 V; Id: 30 mA; (I). Tripolar-Tetrapolar DIECISEIS EUROS con TRECE CÉNTIMOS	16,13 €
5.16	Ud Contador de activa Contador TCIDI DOSCIENTOS VEINTICUATRO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS	224,28 €
5.17	Ud Foco para alumbrado exterior Lámpara de halogenuro metálico 400 W/Ud F.d.p 0,8 SETENTA Y CINCO EUROS con CERO CÉNTIMOS	75,00 €
5.18	Ud Luminaria para alumbrado interior Luminaria de 250 W/Ud monofásica F.d.p 0,85 VEINTICINCO EUROS con CERO CÉNTIMOS	25,00 €
5.19	Ud Alumbrado de emergencia Luminaria de emergencia, instalada en la superficie de la pared, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes CUARENTA Y UN EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS	41,73 €
5.20	Ud Enchufe trifásico de 11 kW/Ud Enchufe trifásico de 11 kW/Ud con dos entradas CINCUENTA Y CUATRO EUROS con CERO CÉNTIMOS	54,00 €
5.21	Ud Enchufe monofásico de 500 W/Ud Enchufe monofásico de 500 W/Ud con tres entradas DIEZ EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS	10,45 €

CAPÍTULO 6 "SEGURIDAD Y SALUD"

6.1 Ud Estudio Básico de Seguridad y Salud

Se estima que el gasto para el cumplimiento de un Estudio Básico de Seguridad y Salud corresponde al 1,6% del presupuesto

3.120,00 €

TRES MIL CIENTO VEINTE EUROS con CERO CÉNTIMOS

2. Mediciones y presupuesto

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 "INSTALACIÓN HIDRAÚLICA"									
1.1	Tubería de 250 mm de diámetro	32	13			32			
	Tubería PEAD de 250 mm de diámetro con una presión máxima de 6 atm. Divididos en tramos de 13 metros						32	43,96	1.406,72 €
1.2	Codo de 45°	3				3			
	Codo de 45° de polietileno para tuberías con un diámetro exterior de 250 mm						3	187,7	563,10 €
1.3	Codo de 90°	4				4			
	Codo de 90° de polietileno para tuberías con un diámetro exterior de 250 mm						4	186,59	746,36 €
1.4	Filtro FMY8	1				1			
	Filtro de malla metálico en Y FMY8						1	1396,64	1.396,64 €
1.5	Reducción de 250 - 180 mm de diámetro	2				2			
	Reducción de polietileno de 250 milímetros de diámetro a 180 milímetros de diámetro						2	139,11	278,22 €
1.6	Reducción de 180 - 125 mm de diámetro	2				2			
	Reducción de polietileno de 180 milímetros de diámetro a 125 milímetros de diámetro						2	45,07	90,14 €
1.7	Contador volumétrico Woltman	1				1			
	Contador Woltman modelo WR con un diámetro nominal de 125 milímetros						1	558,94	558,94 €
1.8	Válvula serie 14 PN 16	1				1			
	Válvula de compuerta de asiento elástico con bridas de diámetro nominal de 125 milímetros						1	231,35	231,35 €
1.9	Pie de fondo	1				1			
	Pie de fondo de polietileno para tuberías con un diámetro nominal de 250 milímetros						1	20,00	20,00 €

1.10	Válvula ventosa automática Segev	4	4			
	Válvula ventosa de plástico capaz de eliminar el aire en tuberías bajo presión			4	46,23	184,92 €
1.11	Motobomba Honda WB 30 XT	2	2			
	Motobomba de caudal marca Honda modelo WB 30 XT			2	599,00	1.198,00 €
1.12	Rejilla de plástico	1	1			
	Rejilla de plástico circular para evitar la entrada de suciedad procedente del agua de 250 milímetros de diámetro			1	8,05	8,05 €
1.13	Bomba hidráulica Saci Pumps CRB 1500	1	1			
	Electrobombas centrífugas construidas íntegramente en bronce marino especialmente adecuados para grandes trasvases de líquidos a presiones relativamente bajas			1	1718,00	1.718,00 €
TOTAL CAPÍTULO 1 "INSTALACIÓN HIDRAÚLICA"						8.400,44 €
CAPÍTULO 2 "INSTALACIÓN DEL RESGUARDO, GEOTEXTIL Y GEOMEMBRANA"						
2.1	Barrera de hormigón armado para el resguardo	34	34			
	Barrera de hormigón armado tipo NJ-120			34	389,02	13.226,68 €
2.2	Geomembrana PEAD de Numapol		4192,97			
	Geomembrana PEAD de Numapol HPDE			4192,97	2,67	11.195,23 €
2.3	Geotextil Geotex Pavidrain		4192,97			
	Geotextil marca Pavidrain 2F5			4192,97	3,12	13.082,07 €
2.4	Canal de servicio marca GLS 120 x 50 x 95 h	28	28			
	Canal de servicio prefabricado de hormigón GLS			28	44,95	1.258,60 €
TOTAL CAPÍTULO 2 "INSTALACIÓN DEL RESGUARDO, GEOTEXTIL Y GEOMEMBRANA"						38.762,58 €

CAPÍTULO 3 "INSTALACIÓN DE LA RED DE DRENAJE"

3.1	Excavación zanja terreno	37	37	1,5	2064,62			
	Excavación en zanja de drenaje longitudinal en el terreno para posteriormente volverla a usar cuando esté instalado el sistema de drenaje				2064,62	3,58		7.391,32 €
3.2	Dren circular PVC D=45 mm	180			180	6,00		1.080,00 €
	Tubería corrugada de pvc circular, ranurada, de diámetro 45 mm, en drenaje longitudinal, incluso preparación de la superficie de asiento, compactación y nivelación, terminado							
3.3	Tubo circular PVC D=60 mm	72			72	3,53		254,16 €
	Tubería circular de PVC, de diámetro 60 mm para recoger el agua proveniente de los drenes, incluso preparación de la superficie de asiento, compactación y nivelación, terminado							
3.4	Arqueta de paso	4			4	21,37		85,48 €
	Arqueta de paso, prefabricada de polipropileno, de sección rectangular de 51x37 cm en la base y 30 cm de altura, con tapa							
3.5	Tubo colector circular PVC D=75 mm	56			56	4,76		266,56 €
	Tubo colector circular de PVC, de diámetro 75 mm para recoger el agua proveniente de las arquetas, incluso preparación de la superficie de asiento, compactación y nivelación, terminado							
TOTAL CAPÍTULO 3 "INSTALACIÓN DE LA RED DE DRENAJE"								9.077,52 €

CAPÍTULO 4 "MOVIMIENTOS DE TIERRA"

4.1	Excavación a máquina en terrenos compactos sin tte. Vertedero				1560,10			
	Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares				1560,10	3,97		6.193,60 €

4.2	Transporte de escombros a vertedero en camión de 10 Tm	1560,10			
	Transporte de escombros a vertedero en camión de 10 Tm, a una distancia menor de 10 km, i/p.p. de costes indirectos	1560,10	3,83	5.975,18 €	
4.3	Terraplenado	4205,13			
	Terraplenado y compactación para cimientado de terraplén con material seleccionado, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado	4205,13	19,64	82.588,75 €	
4.4	Relleno de zanjas para instalaciones	1560,10			
	Relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra de préstamo, y compactación al 95% del Proctor Modificado con pisón vibrante de guiado manual	1560,10	13,93	21.732,19 €	
4.5	Excavación a máquina en terrenos compactos	2064,61			
	Excavación a máquina en terrenos compactos para posteriormente rellenar una vez puesto el sistema de drenaje	2064,61	9,47	19.551,86 €	
TOTAL CAPÍTULO 4 "MOVIMIENTOS DE TIERRA"				136.041,58 €	

CAPÍTULO 5 "ELECTRIFICACIÓN"

5.1	Caseta M6 diáfana	1	1		
	Los módulos diáfanos son unidades independientes, con unas dimensiones, por lo general, de 6,00 x 2,44 m, auto-portantes estructuralmente con cerramientos ejecutados con paneles sándwich		1	1500,00	1.500,00 €
5.2	Cable de cobre flexible de 16 mm2	23	22,5		
	Cable RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm2. Unipolar		22,5	2,06	46,35 €
5.3	Cable de cobre flexible de 25 mm2	65	65		
	Cable RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm2. Unipolar		65	3,18	206,70 €
5.4	Cable de cobre flexible de 6 mm2	135	135		
	Cable RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm2. Unipolar		135	0,86	116,10 €

5.5	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 12 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 12 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547	0,5	0,5	0,5	1,37	0,69 €
5.6	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 40 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 40 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547	4	4	4	3,82	15,28 €
5.7	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 50 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 50 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547	13	13	13	4,73	61,49 €
5.8	Tubo aislante canalización empotrada (EN/UNE 50086). DN: 25 mm Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 25 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP 547	45	45	45	2,05	92,25 €
5.9	Fusible IEC60269 gL/gG Fusible IEC60269 gL/gG In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG	3	3	3	8,96	26,88 €

5.10	Magnetotérmico M-G Compact NS100N - TM.xD	2	2			
	Magnetotérmico M-G Compact NS100N - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.). Tripolar			2	4,45	8,90 €
5.11	Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C	2	2			
	Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C. In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3. Tripolar			2	3,09	6,18 €
5.12	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C	2	2			
	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3. Bipolar			2	3,43	6,86 €
5.13	Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C	1	1			
	Magnetotérmico Moeller-Medex LH Curva C. In: 40 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 20 kA; Tipo C; Categoría 3. Tripolar			1	2,39	2,39 €
5.14	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C	2	2			
	Magnetotérmico EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3. Bipolar			2	3,20	6,40 €
5.15	Diferencial IEC60947-2 Instantáneos	1	1			
	Diferencial IEC60947-2 Instantáneos In: 63 A; Un: 400 V; Id: 30 mA; (I). Tripolar-Tetrapolar			1	16,13	16,13 €
5.16	Contador de activa	1	1			
	Contador TCIDI			1	224,28	224,28 €
5.17	Foco para alumbrado exterior	3	3			
	Lámpara de halogenuro metálico 400 W/Ud F.d.p 0,8			3	75,00	225,00 €
5.18	Luminaria para alumbrado interior	2	2			
	Luminaria de 250 W/Ud monofásica F.d.p 0,85			2	25,00	50,00 €
5.19	Alumbrado de emergencia	1	1			
	Luminaria de emergencia, instalada en la superficie de la pared, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes			1	41,73	41,73 €

5.20	Enchufe trifásico de 11 kW/Ud	1	1			
	Enchufe trifásico de 11 kW/Ud con dos entradas			1	54,00	54,00 €
5.21	Enchufe monofásico de 500 W/Ud	1	1			
	Enchufe monofásico de 500 W/Ud con tres entradas			1	10,45	10,45 €
TOTAL CAPÍTULO 5"ELECTRIFICACIÓN"						2.718,06 €

CAPÍTULO 6 "SEGURIDAD Y SALUD"

6.1	Estudio Básico de Seguridad y Salud	1	1			
	Se estima que el gasto para el cumplimiento de un Estudio Básico de Seguridad y Salud corresponde al 1,6% del			1	3120,00	3.120,00 €
TOTAL CAPÍTULO 6 "SEGURIDAD Y SALUD"						3.120,00 €

3. Resumen de presupuesto

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
1	INSTALACIÓN HIDRAÚLICA	8.400,44 €	4,2%
2	INSTALACIÓN DEL RESGUARDO, GEOTEXTIL Y GEOMEMBRANA	38.762,58 €	19,6%
3	INSTALACIÓN DE LA RED DE DRENAJE	9.077,52 €	4,6%
4	MOVIMIENTOS DE TIERRA	136.041,58 €	68,7%
5	ELECTRIFICACIÓN	2.718,06 €	1,4%
6	SEGURIDAD Y SALUD	3.120,00 €	1,6%
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		198.120,18 €	
13,00 % Gastos generales		25.755,62 €	
6,00 % Beneficio industrial.....		11.887,21 €	
SUMA DE G.G. Y B.I.		37.642,83 €	
21,00 % I.V.A.		49.510,23 €	49.510,23 €
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		285.273,24 €	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		285.273,24 €	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS Y VEINTICUATRO CÉNTIMOS

a 30 de abril de 2016

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN FACULTATIVA